

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-336530

(43) 公開日 平成11年(1999)12月7日

(51) Int.Cl.⁶ 識別記号 F I
 F 01 N 3/08 Z A B F 01 N 3/08 Z A B
 3/02 3 0 1 3/02 3 0 1 E
 3 2 1 3 2 1 B
 3 2 1 K
 3/10 Z A B 3/10 Z A B A
 審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-139911

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地

(22)出願日 平成10年(1998) 5月21日

(72) 発明者 新沢 元啓

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 旧産
自動車株式会社内

(72) 発明者 北原 靖久

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 旧産
自動車株式会社内

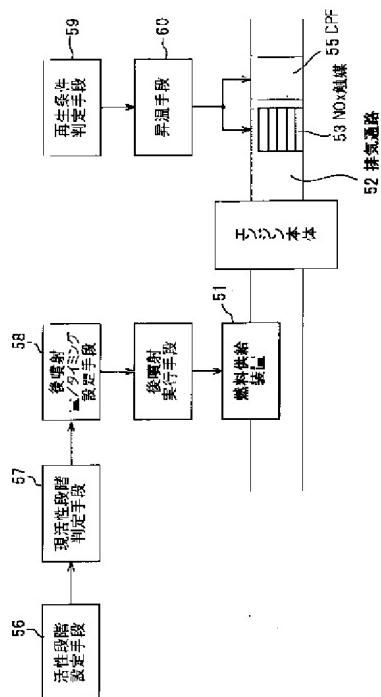
(74)代理人 奉理士 篠藤 政嘉 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ディーゼルエンジンの排気浄化装置

(57) 【要約】

【課題】 混滞運転が継続された場合にも、NO_xを浄化しながら、背圧上昇によるエンジン動力性能の悪化やDPFの焼損を防止する。

【解決手段】 燃料の主噴射後の膨張行程または排気行程で燃料供給装置51により後噴射を行い、この後噴射による未燃HCを、排気通路52に設けたNOx触媒53への還元剤として供給する。この場合に、触媒53にNOからNO₂への変換を可能にする酸化性能を持たせ、この触媒53の下流にDPF55を配置する。触媒53の温度に対する少なくとも2つの活性段階を設定手段56が予め設定し、これら複数の活性段階のうちどの活性段階に現在の活性段階が該当するのかを判定手段57が判定し、この判定される現活性段階で触媒浄化効率が最大となるように設定手段58が後噴射の量とタイミングを設定する。一方、DPF55の再生条件になったときは、昇温手段60が触媒53およびDPF55の温度を上昇させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】各気筒に燃料を噴射供給する装置を備え、燃料の主噴射後の膨張行程または排気行程で前記燃料供給装置により後噴射を行い、この後噴射による未燃HCを、排気通路に設けたNO_x触媒への還元剤として供給するようにしたディーゼルエンジンの排気浄化装置において、

前記触媒にNOからNO₂への変換を可能にする酸化性能を持たせるとともに、この酸化性能を有する触媒の下流にDPFを配置する一方で、

前記触媒の温度に対する少なくとも2つの活性段階を予め設定する手段と、

これら複数の活性段階のうちどの活性段階に現在の活性段階が該当するのかを判定する手段と、

この判定される現活性段階で触媒浄化効率が最大となるように前記後噴射の量とタイミングを設定する手段と、前記DPFの再生条件になったかどうかを判定する手段と、

この判定結果よりDPFの再生条件になった場合に、前記触媒および前記DPFの温度を上昇させる手段とを設けたことを特徴とするディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項2】前記昇温手段は後噴射を行う手段であり、DPF再生条件になった場合の後噴射のタイミングを主噴射からの遅角間隔を小さくする側に設定するとともに、DPF再生条件になった場合の後噴射の量をDPF再生条件でない場合より所定値大きくするかまたはDPF再生条件になった場合の後噴射を行う領域をDPF再生条件でない場合より拡大することを特徴とする請求項1に記載のディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項3】前記昇温手段は後噴射を行う手段であり、DPF再生条件になった場合の後噴射のタイミングを主噴射からの遅角間隔を大きくする側に設定するとともに、DPF再生条件になった場合の後噴射の量をDPF再生条件でない場合より所定値大きくするかまたはDPF再生条件になった場合の後噴射を行う領域をDPF再生条件でない場合より拡大することを特徴とする請求項1に記載のディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項4】前記後噴射の量を所定値大きくした場合に、この大きくした分に対応して、前記DPF再生条件になった場合の後噴射のタイミングを、主噴射からの遅角間隔が小さくなる側に変更することを特徴とする請求項2または3に記載のディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項5】DPFの再生中に、DPFの温度が、DPFに捕集されたPMが自着火して燃焼するのに十分な温度になったとき、後噴射を停止することを特徴とする請求項2から4までのいずれか一つに記載のディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項6】前記NO_x触媒は、貴金属をイオン交換し

たゼオライト、貴金属担持の活性アルミナまたはこれら両材料を組み合わせたものであることを特徴とする請求項1から5までのいずれか一つに記載のディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項7】各気筒に燃料を噴射供給する装置を備え、燃料の主噴射後の膨張行程または排気行程で前記燃料供給装置により後噴射を行い、この後噴射による未燃HCを、排気通路に設けたNO_x触媒への還元剤として供給するようにしたディーゼルエンジンの排気浄化装置において、

前記NO_x触媒を、リーン雾団気でのNO_x活性温度範囲が異なる複数の触媒を上流側より直列配置した複合触媒で構成し、このうち下流側に配置される低温活性型触媒にNOからNO₂への変換を可能にする酸化性能を持たせるとともに、この酸化性能を有する低温活性型触媒の下流にDPFを配置する一方で、

触媒温度に対する少なくとも2つの活性段階を前記複数の各触媒毎に予め設定する手段と、これら複数の活性段階のうちどの活性段階に現在の活性段階が該当するのかを前記複数の各触媒毎に判定する手段と、

前記複数の各触媒毎にこの判定される現活性段階で触媒浄化効率が最大となるように前記後噴射の量とタイミングを設定する手段と、

前記DPFの再生条件になったかどうかを判定する手段と、

この判定結果よりDPFの再生条件になった場合に、この場合の後噴射の量をDPF再生条件でない場合より所定値大きくするかまたはDPF再生条件になった場合の後噴射を行う領域をDPF再生条件でない場合より拡大する手段とを設けたことを特徴とするディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項8】各気筒に燃料を噴射供給する装置を備え、燃料の主噴射後の膨張行程または排気行程で前記燃料供給装置により後噴射を行い、この後噴射による未燃HCを、排気通路に設けたNO_x触媒への還元剤として供給するようにしたディーゼルエンジンの排気浄化装置において、

前記NO_x触媒を、リーン雾団気でのNO_x活性温度範囲が異なる複数の触媒を上流側より直列配置した複合触媒で構成し、このうち下流側に配置される低温活性型触媒にNOからNO₂への変換を可能にする酸化性能を持たせるとともに、この酸化性能を有する低温活性型触媒の下流にDPFを配置する一方で、

触媒温度に対する少なくとも2つの活性段階を前記複数の各触媒毎に予め設定する手段と、

これら複数の活性段階のうちどの活性段階に現在の活性段階が該当するのかを前記複数の各触媒毎に判定する手段と、

前記複数の各触媒毎にこの判定される現活性段階で触媒

浄化効率が最大となるように前記後噴射の量とタイミングを設定する手段と、
触媒温度が所定値以上の領域で主噴射からの遅角間隔を小さくする側に前記後噴射のタイミングを設定し、かつ前記後噴射の量を大きく設定する第2の手段と、
前記DPFの再生条件になったかどうかを判定する手段と、
この判定結果よりDPFの再生条件になった場合に、前記第2設定手段による後噴射の量とタイミングに切換える手段とを設けたことを特徴とするディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項9】各気筒に燃料を噴射供給する装置を備え、燃料の主噴射後の膨張行程または排気行程で前記燃料供給装置により後噴射を行い、この後噴射による未燃HCを、排気通路に設けたNOx触媒への還元剤として供給するようにしたディーゼルエンジンの排気浄化装置において、

前記NOx触媒を、リーン雰囲気でのNOx活性温度範囲が異なる複数の触媒を上流側より直列配置した複合触媒で構成し、このうち下流側に配置される低温活性型触媒にNOからNO₂への変換を可能にする酸化性能を持たせるとともに、この酸化性能を有する低温活性型触媒の下流にDPFを配置する一方で、

触媒温度に対する少なくとも2つの活性段階を前記複数の各触媒毎に予め設定する手段と、これら複数の活性段階のうちどの活性段階に現在の活性段階が該当するのかを前記複数の各触媒毎に判定する手段と、

前記複数の各触媒毎にこの判定される現活性段階で触媒浄化効率が最大となるように前記後噴射の量とタイミングを設定する手段と、

触媒温度が所定値以上の領域で主噴射からの遅角間隔を大きくする側に前記後噴射のタイミングを設定し、かつ前記後噴射の量を小さく設定する第2の手段と、前記DPFの再生条件になったかどうかを判定する手段と、

この判定結果よりDPFの再生条件になった場合に、前記第2設定手段による後噴射の量とタイミングに切換える手段とを設けたことを特徴とするディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項10】DPFの再生中に、DPFの温度が、DPFに捕集されたPMが自着火して燃焼するのに十分な温度になったとき、後噴射を停止することを特徴とする請求項7から9までのいずれか一つに記載のディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項11】前記低温活性型触媒が、貴金属をイオン交換したゼオライト、貴金属担持の活性アルミナまたはこれら両材料を組み合わせたものであることを特徴とする請求項7から10までのいずれか一つに記載のディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【請求項12】前記燃料供給装置はコモンレール式燃料噴射装置であることを特徴とする請求項1から11までのいずれか一つに記載のディーゼルエンジンの排気浄化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はディーゼルエンジンの排気浄化装置、特に排氣中に含まれるNOxと粒子状物質（以下PMという）の両方を除去するようにしたものに関する。

【0002】

【従来の技術】NOxを還元する触媒は、NOxの還元効率を高めるため還元剤としてのHCを必要とする。しかしながら、一般的にディーゼルエンジンでは、NOxの排出量に対してHCの排出量が比較的少ないため（HC/NOx比は1以下のレベル）、コモンレール式の燃料噴射装置を用いて、主噴射とは別に各気筒の膨張行程もしくは排気行程で小量の燃料を後噴射し、この小量の燃料を未燃HCとしてNOx触媒に導くようになしたもののが各種提案されている（特開平6-117225号公報参照）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、後噴射するタイミングが燃料の主噴射のタイミングや主噴射された燃料の終了するタイミングに近すぎたり、またはある程度間隔をとっても主噴射量が増加するなど、後噴射するときの気筒内温度が高いと、後噴射された燃料がほとんど燃焼てしまい、温度は上昇してもHC/NOx比を増加させることができない。つまり、触媒のNOx還元性能は温度に対して突起的な特性（NOx還元効率がある狭い温度範囲でのみ最大値を示し、それ以下の温度でもそれ以上の温度でもNOx還元効率が低下する特性）を持つので、触媒のNOx還元性能が最大になる温度条件（NOx還元性能の最大活性段階）や、NOx還元性能が最大に達して下降する温度条件（NOx還元性能の下降段階）で、このような後噴射を実行したのでは、却ってNOxの還元効率が低下してしまう。

【0004】また、NOx還元性能がまだ最大に達しておらず、温度上昇に伴いNOx還元性能が高くなっている温度条件（NOx還元性能の上昇段階）では、HC/NOx比だけを増加させるようなタイミングで後噴射を実行してもNOxの還元効率の増加は少ない。

【0005】そこで、触媒の温度に対する少なくとも2つの活性段階（たとえばNOx還元性能の上昇段階と最大活性段階）を予め設定しておき、これら複数の活性段階のうちどの段階に現在の活性段階が該当するのかを判定し、この判定される現活性段階で触媒の浄化効率が最大となるように後噴射の量とタイミングを制御することにより、触媒の浄化性能を最大限に發揮させるようにしたものを作成した（特願平10-84300号参

照)。このものを以下、先願装置という。

【0006】一方、触媒ではNO_xは除去できても、PM(特にカーボンが主成分のドライスト)は除去できないので、排気中のPMを捕集する、いわゆるディーゼルパーティキュレートフィルタ(以下DPFという)を設け、さらにこのDPFの上流に酸化触媒を配置し、この酸化触媒で排気中のNOを酸化させてNO₂を生成させ(NO_x中のNO₂の比率が増加)、DPFに捕集されているPMをこの生成させた高酸化力のあるNO₂によって燃焼させて除去することにより、DPFを再生するようにしたものがある(特開平1-318715号公報参照)。

【0007】ところで、従来装置のPM除去の反応原理は、「NO₂+C→NOおよび2NO₂+2C→N₂+2CO₂」であり、エンジンからのPM発生量に見合ったNO₂が存在すれば、酸化触媒が比較的低温であってもDPFに捕集されたPMが連続的に除去されDPFにPMが堆積しないため、DPFを再生させるための特別な加熱装置等を設ける必要がない。この点は、本出願人の研究において確認している。

【0008】しかしながら、酸化触媒によるNOからNO₂への変換は触媒温度に依存しており、NOからNO₂への変換は触媒入口の排気温度で約150°C当たりから始まる。また、上記の「NO₂+C→NOおよび2NO₂+2C→N₂+2CO₂」の反応もやはり触媒温度に依存しているため、実用上は約250°C～約300°C以上の触媒温度でないとDPFに捕集されたPMが連続的に除去される状況にならないことが上記の研究において判明した。これより、アイドリング運転の比率が高くなる渋滞運転時など触媒入口における排気低温時には徐々にDPFにPMが堆積していくため、渋滞運転が継続されたのでは、背圧上昇によってエンジンの動力性能が悪くなり、またPMの燃焼条件に合致したときにPMの堆積量が多いと、PM燃焼による発熱が過大となってDPFが焼損する可能性がある。

【0009】そこで本発明は、NOからNO₂への変換を可能にする酸化性能を併せ持たせたNO_x触媒の下流にDPFを配置しておき、DPFの再生条件がない場合は、触媒浄化性能を、上記の先願装置と同様に最大限に發揮させ、DPFの再生条件になったときも、触媒浄化性能を、上記の先願装置と同様に最大限にあるいはできるだけ發揮させつつ、前記NO_x触媒とDPFに流入する排気の各温度を上昇させることにより、渋滞運転が継続された場合にも、NO_xを浄化しながら、背圧上昇によるエンジン動力性能の悪化やDPFの焼損を防止することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、図20に示すように、各気筒に燃料を噴射供給する装置51を備え、燃料の主噴射後の膨張行程または排気行程で前記燃

料供給装置51により後噴射を行い、この後噴射による未燃HCを、排気通路52に設けたNO_x触媒53への還元剤として供給するようにしたディーゼルエンジンの排気浄化装置において、前記触媒53にNOからNO₂への変換を可能にする酸化性能を持たせるとともに、この酸化性能を有する触媒53の下流にDPF55を配置する一方で、前記触媒53の温度に対する少なくとも2つの活性段階を予め設定する手段56と、これら複数の活性段階のうちどの活性段階に現在の活性段階が該当するのかを判定する手段57と、この判定される現活性段階で触媒浄化効率が最大となるように前記後噴射の量とタイミングを設定する手段58と、前記DPF55の再生条件になったかどうかを判定する手段59と、この判定結果よりDPF55の再生条件になった場合に、前記触媒53および前記DPF55の温度を上昇させる手段60とを設けた。

【0011】第2の発明では、第1の発明において前記昇温手段60が後噴射を行う手段であり、DPF再生条件になった場合の後噴射のタイミングを主噴射からの遅角間隔を小さくする側に設定するとともに、DPF再生条件になった場合の後噴射の量をDPF再生条件でない場合より所定値大きくするかまたはDPF再生条件になった場合の後噴射を行う領域をDPF再生条件でない場合より拡大する。

【0012】第3の発明では、第1の発明において前記昇温手段60が後噴射を行う手段であり、DPF再生条件になった場合の後噴射のタイミングを主噴射からの遅角間隔を大きくする側に設定するとともに、DPF再生条件になった場合の後噴射の量をDPF再生条件でない場合より所定値大きくするかまたはDPF再生条件になった場合の後噴射を行う領域をDPF再生条件でない場合より拡大する。

【0013】第4の発明では、第2または第3の発明において前記後噴射の量を所定値大きくした場合に、この大きくした分に対応して、前記DPF再生条件になった場合の後噴射のタイミングを、主噴射からの遅角間隔が小さくなる側に変更する。

【0014】第5の発明では、第2から第4までのいずれか一つの発明においてDPFの再生中に、DPFの温度(たとえば入口温度)が、DPFに捕集されたPMが自着火して燃焼するのに十分な温度(たとえば約600°Cを超える温度域)になったとき、後噴射を停止する。

【0015】第6の発明では、第1から第5までのいずれか一つの発明において前記NO_x触媒が、貴金属をイオン交換したゼオライト、貴金属担持の活性アルミナまたはこれら両材料を組み合わせたものである。

【0016】第7の発明は、図21に示すように、各気筒に燃料を噴射供給する装置51を備え、燃料の主噴射後の膨張行程または排気行程で前記燃料供給装置51により後噴射を行い、この後噴射による未燃HCを、排気

通路 52 に設けた NO_x触媒 53 への還元剤として供給するようにしたディーゼルエンジンの排気浄化装置において、前記 NO_x触媒を、リーン雰囲気での NO_x活性温度範囲が異なる複数の触媒を上流側より直列配置した複合触媒で構成し、このうち下流側に配置される低温活性型触媒 53 b に NO から NO₂への変換を可能にする酸化性能を持たせるとともに、この酸化性能を有する低温活性型触媒 53 b の下流に DPF 55 を配置する一方で、触媒温度に対する少なくとも 2 つの活性段階を前記複数の各触媒毎に予め設定する手段 61 と、これら複数の活性段階のうちどの活性段階に現在の活性段階が該当するのかを前記複数の各触媒毎に判定する手段 62 と、前記複数の各触媒毎にこの判定される現活性段階で触媒浄化効率が最大となるように前記後噴射の量とタイミングを設定する手段 63 と、前記 DPF 55 の再生条件になったかどうかを判定する手段 59 と、この判定結果より DPF 55 の再生条件になった場合に、この場合（DPF 再生条件になった場合）の後噴射の量を DPF 再生条件でない場合より所定値大きくするかまたは DPF 再生条件になった場合の後噴射を行う領域を DPF 再生条件でない場合より拡大する手段 64 とを設けた。

【0017】第 8 の発明は、図 22 に示すように、各気筒に燃料を噴射供給する装置 51 を備え、燃料の主噴射後の膨張行程または排気行程で前記燃料供給装置 51 により後噴射を行い、この後噴射による未燃 HC を、排気通路 52 に設けた NO_x触媒 53 への還元剤として供給するようにしたディーゼルエンジンの排気浄化装置において、前記 NO_x触媒を、リーン雰囲気での NO_x活性温度範囲が異なる複数の触媒を上流側より直列配置した複合触媒で構成し、このうち下流側に配置される低温活性型触媒 53 b に NO から NO₂への変換を可能にする酸化性能を持たせるとともに、この酸化性能を有する低温活性型触媒 53 b の下流に DPF 55 を配置する一方で、触媒温度に対する少なくとも 2 つの活性段階を前記複数の各触媒毎に予め設定する手段 61 と、これら複数の活性段階のうちどの活性段階に現在の活性段階が該当するのかを前記複数の各触媒毎に判定する手段 62 と、前記複数の各触媒毎にこの判定される現活性段階で触媒浄化効率が最大となるように前記後噴射の量とタイミングを設定する手段 63 と、触媒温度が所定値（たとえば基準温度 b）以上の領域で主噴射からの遅角間隔を大きくする側に前記後噴射のタイミングを設定し、かつ前記後噴射の量を小さく設定する第 2 の手段 81 と、前記 DPF 55 の再生条件になったかどうかを判定する手段 59 と、この判定結果より DPF 55 の再生条件になった場合に、前記第 2 設定手段 81 による後噴射の量とタイミングに切換える手段 72 とを設けた。

【0019】第 10 の発明では、第 7 から第 9 までのいずれか一つの発明において DPF の再生中に、DPF の温度（たとえば入口温度）が、DPF に捕集された PM が自着火して燃焼するのに十分な温度（たとえば約 600°C を超える温度域）になったとき、後噴射を停止する。

【0020】第 11 の発明では、第 7 から第 10 までのいずれか一つの発明において前記低温活性型触媒が、貴金属をイオン交換したゼオライト、貴金属担持の活性アルミナまたはこれら両材料を組み合わせたものである。

【0021】第 12 の発明では、第 1 から第 11 までのいずれか一つの発明において前記燃料供給装置がコモンレール式燃料噴射装置である。

【0022】

【発明の効果】第 1 、第 4 、第 12 の各発明では、DPF の再生条件になった場合に、触媒の特性の異なる活性段階を判定しながら、各活性段階で触媒浄化効率が最大となるように、後噴射の量とタイミングを制御することから、NO_x還元性能が温度に対して突起的な特性を有する触媒における浄化性能を最大限に発揮させることができる。これに加えてさらに、触媒およびその下流の DPF の温度を上昇させることで、触媒の有する酸化性能による NO から NO₂への変換が盛んになり、この高酸化力のある NO₂を用いて DPF における PM の燃焼が促進され、DPF が再生される。

【0023】このようにして、第 1 、第 4 、第 9 の各発明によれば、渋滞運転が継続された場合にも、触媒浄化性能を先頭装置と同様に最大限に発揮させつつ、DPF の

【0018】第 9 の発明は、図 23 に示すように、各気筒に燃料を噴射供給する装置 51 を備え、燃料の主噴射後の膨張行程または排気行程で前記燃料供給装置 51 に

再生を行うことができ、これによってNO_xを浄化しながら、背圧上昇によるエンジン動力性能の悪化やDPFの焼損を防止することができる。

【0024】第2の発明によれば、DPF再生条件になった場合に、後噴射の增量分だけ、HC/NO_x比を増加させつつ後噴射燃料の気筒内での燃焼量割合が増加してエンジンアウトでの排気温度が上昇し、その分だけ酸化性能を有するNO_x触媒およびDPFに流入する排気の各温度が高くなり、NO_x触媒の有する酸化性能によるNOからNO₂への変換とDPFにおけるPMの燃焼を促進することができる。

【0025】第3の発明によれば、DPF再生条件になった場合に、後噴射の增量分だけ、NO_x触媒に流入する未燃HCの量が増加し、この未燃HCがNO_x触媒の有する酸化性能により燃焼してNO_x触媒の温度が上昇し、DPFに流入する排気の温度も高まる。これによって、NO_x触媒の有する酸化性能によるNOからNO₂への変換とDPFにおけるPMの燃焼を促進することができるほか、エンジンアウトからDPFまでの排気管からの放熱による温度低下分に相当する燃料を節約できる。

【0026】一方、DPF再生条件になった場合に拡大される後噴射領域では燃焼室内的温度が高いため、ほとんどの燃料が燃焼し、これによってHC/NO_x比が増加することなく、エンジンアウトでの排気の温度のみが上昇することになる。しかしながら、DPFの再生のためにエンジンアウトでの排気の温度を高めるほうが望ましく、したがって第2、第3の各発明において、DPF再生条件になった場合に後噴射を行う領域を拡大することで、NO_x触媒の有する酸化性能によるNOからNO₂への変換とDPFにおけるPMの燃焼、除去を促進できる。

【0027】第5、第10の各発明によれば、無駄な燃料消費を抑制できる。

【0028】第6、11の各発明によれば、NO_x触媒が、貴金属をイオン交換したゼオライト、貴金属担持の活性アルミナまたはこれら両材料を組み合わせたものであり、これらの場合にだけ、還元性能に併せて酸化性能を有させることができる。

【0029】NO_x還元性能が温度に対して突起的な特性を有する触媒を複数配置した複合触媒の場合にも、複数の各触媒の浄化性能を、第7の発明では最大限に引き出しつつ、また第8、第9の各発明では第7の発明より若干落ちる程度に引き出しつつDPFの再生を行わせることができ、これによって第7、第8、第9の各発明によれば、渋滞運転が継続された場合にも、NO_xを浄化しながら、背圧上昇によるエンジン動力性能の悪化やDPFの焼損を防止できる。

【0030】

【発明の実施の形態】図1において、1はディーゼルエンジンの本体で、排気通路2にNO_x触媒3を備える。

NO_x触媒3のケーシング内には、上流側より高温活性型触媒3aと低温活性型触媒3bとがこの順に直列配置されている。

【0031】ここで、高温活性型触媒3aはCu-ゼオライト系触媒（またはPd-ゼオライト系触媒）から、低温活性型触媒3bはPt-ゼオライト系触媒から構成される。このような金属-ゼオライト系触媒は、イオン交換に用いる金属によってNO_xの還元性能温度範囲が異なることから、高温活性型であるCu-ゼオライト系触媒（または中高温活性型であるPd-ゼオライト系）と低温活性型であるPt-ゼオライト系とを、NO_x還元性能温度範囲を広げるため組み合わせたもの（複合触媒）である。各触媒3a、3bのNO_x還元性能が温度に対して突起的な特性を持つため、複合触媒のNO_x還元性能も、図3右側に示したようにやはり2つの突起を持った特性になる。なお、ゼオライトとしてはZSM-5、β、USY、モルデナイト型が知られており、これらを用いることが望ましい。金属-ゼオライト系触媒に限らず、金属（Pd、Ag、Pt等）を担持した活性アルミナも利用でき、たとえば高温活性型触媒にはPdまたはAgを担持した活性アルミナを、低温活性型触媒にはPtを担持した活性アルミナを利用してもよい。

【0032】さて、NO_x触媒3はNO_xの還元効率を高めるため還元剤としてのHCを必要とするが（HC/NO_x比を最低でも2以上とする必要がある）、一般的にディーゼルエンジンはNO_xの排出量に対してHCの排出量が比較的少ないので、コモンレール式の燃料噴射装置を用いて、各気筒の膨張行程もしくは排気行程で小量の燃料を後噴射し、この小量の燃料を未燃HCとしてNO_x触媒3に導くようにすることが有効である。

【0033】しかしながら、後噴射のタイミングが燃料の主噴射のタイミングや主噴射された燃料の終了するタイミングに近すぎたり、またはある程度間隔をとっても主噴射量が増加するなど、後噴射するときの気筒内温度が高いと、後噴射された燃料がほとんど燃焼てしまい、排気温度（触媒温度）は上昇してもHC/NO_x比を増加させることができない。つまり、各触媒3a、3bの最大活性段階や高温活性型触媒3aのNO_x還元性能の下降段階でこのような後噴射を実行したのでは、却ってNO_xの還元効率が低下してしまう。

【0034】また、各触媒3a、3bのNO_x還元性能の上昇段階では、HC/NO_x比だけを増加させるようなタイミングで後噴射を実行してもNO_xの還元効率の増加は少ない。

【0035】この場合、各触媒3a、3b毎にNO_x還元性能の上昇段階、最大活性段階、NO_x還元性能の下降段階といった3つの活性段階があり、複合触媒はこれらの組み合わせであることから、先願装置では、合計で6つの活性段階を予め設定しておき、現活性段階がこれらのうちいずれの活性段階にあるのかを判定し、複合触

媒が所定の活性温度以下になる活性段階または所定の活性温度以上になる活性段階を判定したときは後噴射を停止するとともに、それ以外の活性段階であることを判定したとき、その判定された各活性段階毎に触媒のNO_x浄化効率が最大となるように後噴射の量とタイミングを制御する。

【0036】この先頭装置を以下に説明する。

【0037】図3右側に示した複合触媒のNO_x還元性能に対して、5つの基準温度a, b, c, d, e（ただしa < b < c < d < e）を定め、次の6つの基準領域I～VIに区分けする（図3左側参照）。なお、図3右側では触媒3aを触媒Aで、触媒3bを触媒Bで略記している。

【0038】領域I：低温活性型触媒3bのNO_x還元性能が発現する温度範囲（NO_x還元性能の上昇段階の前段階）（約200°Cまで）。

【0039】領域II：低温活性型触媒3bのNO_x還元性能が上昇する温度範囲（NO_x還元性能の上昇段階）（約200～230°Cまで）

領域III：低温活性型触媒3bのNO_x還元性能のピーク温度範囲（最大活性段階）（約230～280°C）

領域IV：低温活性型触媒3bのNO_x還元性能が下降し、代わって高温活性型触媒3aのNO_x還元性能が上昇する温度範囲（NO_x還元性能の上昇段階）（約280～370°Cまで）

領域V：高温活性型触媒3aのNO_x還元性能のピーク温度範囲（最大活性段階）（約370～450°C）

領域VI：高温活性型触媒3aのNO_x還元性能が下降する温度範囲（NO_x還元性能の下降段階）（約450°C以上）

そして、上記の各領域に対し次のように後噴射を停止したり実行したりする。

【0040】（1）領域Iに対して後噴射を停止する。これは次の理由からである。領域IではもともとHC/NO_x比が高く、後噴射しなくてもNO_x還元性能が発現する。また、領域Iのようにエンジンの負荷、回転数が低い場合に後噴射を行っても、主噴射量に対する後噴射量の比率を大きくしなければ温度上昇効果が少ない。そこで、領域Iでは燃費を最小限に抑えてNO_x還元性能を効率よく発現させるという観点から後噴射を停止する。

【0041】（2）領域II～VIに対しては次の通り後噴射を行う。領域IIでは低温活性型触媒3bの温度上昇とHC/NO_x比の増加の両方を狙って、また領域IVでは高温活性型触媒3aの温度上昇とHC/NO_xの増加の両方を狙って後噴射の開始時期を主噴射に近づけるとともに後噴射量を大きくする。これに対して、領域IIIとVではHC/NO_x比の増加だけを主に狙って、後噴射の開始時期を主噴射から離すとともに後噴射量を小さくする。

【0042】ここで、領域II、IVと領域III、Vとで後噴射時期の設定を変えた理由を説明する。後噴射するタイミングは圧縮上死点からのクランク角度間隔が大きいほど主噴射された燃料の燃焼の影響を受けにくく、したがって後噴射された燃料が未燃HCとなって排出される割合が多くなる。この逆に、後噴射するタイミングが圧縮上死点からのクランク角度間隔が小さくなるほど主噴射された燃料の燃焼の影響を受けやすく、したがって後噴射された燃料のうち燃焼する割合が多くなるため、排気温度は上昇するが未燃HCとなって排出される割合が少なくなる（HC/NO_x比の増加が少ない）。

【0043】そこで、低温活性型触媒3bのNO_x還元性能が上昇する活性段階である領域IIでは低温活性型触媒3bの温度上昇とHC/NO_xの増加の両方を狙って、また高温活性型触媒3aのNO_x還元性能が上昇する活性段階である領域IVについても高温活性型触媒3aの温度上昇とHC/NO_xの増加の両方を狙って主噴射からの遅角間隔を小さく設定し、これに対して低温活性型触媒3bのNO_x還元性能のピークがくる活性段階である領域IIIと高温活性型触媒3aのNO_x還元性能のピークがくる活性段階である領域VではHC/NO_x比の増加だけを主に狙って主噴射からの遅角間隔を大きく設定するのである。このため実施形態では主噴射からの遅角間隔を大きくしたマップと小さくしたマップの2つを用意している。

【0044】また、後噴射時期を定めるこれら2つのマップでは、エンジンの負荷、回転数が増大するほど、主噴射からの遅角間隔を増大するように設定している（図5、図6参照）。これは、負荷や回転数が高くなると燃焼室の温度が相対的に増加するため、後噴射のタイミングを遅らせる必要があるからである。

【0045】この結果、後噴射の開始時期は、図5、図6において矢印で示したように、領域毎に大きく切換わり、同じ領域内では負荷Loadや回転数が増大するほど遅角していくことになる。なお、図5は図4においてX軸に沿う特性、図6は図4においてY軸に沿う特性である。

【0046】なお、図5、図6には、本発明の第1実施形態の場合を重ねて示しており、本発明部分は後述する。

【0047】次に、領域II、IVと領域III、Vとで後噴射量の設定を変えた理由を説明する。上述したように主噴射からの遅角間隔が大きいと、後噴射された燃料が未燃HCとなって排出される割合が多くなるので、このときには後噴射量が少なくともHC/NO_x比の増加効果が高い。これに対して主噴射からの遅角間隔が小さいときには、後噴射された燃料の燃焼する割合が多くなるため、温度は上昇するが未燃HCとなって排出される割合が少なくなる（HC/NO_x比の増加が少ない）。

【0048】そこで、主噴射からの遅角間隔を小さくし

て温度上昇とHC/N_Ox比の増加の両方を狙うときには、後噴射量を大きく設定し、これに対して主噴射からの遅角間隔を大きくしてHC/N_Ox比の増加だけを主に狙うときには、後噴射量を小さく設定するのである。このため先願装置では、図7に示したように、後噴射量比率K_{aft}を領域毎に切換えるテーブルを用意している。なお、主噴射量Q_{main}にこの後噴射量比率K_{aft}を乗じることで、後噴射量Q_{aft}を求めることができる。

【0049】なお、図7にも本発明の第1実施形態の場合を重ねて示しており、本発明部分は後述する。

【0050】(3) 領域VIに対しては後噴射を停止する。これは次の理由からである。領域VIでの負荷と回転数では燃焼室内の温度が高く、後噴射時期を遅角して排気行程の最後の方で後噴射を実行してもほとんどの燃料が燃焼し、これによって温度が上昇するだけでHC/N_Ox比が増加することがない。つまり、この温度上昇によりN_Ox還元性能が却って下降することになるので、燃費悪化を防止するためにも後噴射を停止するのである。

【0051】さて、排気温度(触媒温度)はエンジンの状態(負荷、回転数)から定まるので、上記の領域判定には、エンジントルクと回転数をパラメータとする図4に示したマップを用いることができる。つまり、領域を区分けする境界値を、エンジンの暖機後の定常条件でマッチングしておけばよいわけである。

【0052】しかしながら、触媒の実際の活性段階は、過渡運転状態になると、定常状態と異なり刻々と変化するので、エンジンの負荷と回転数だけで領域判定を行ったのでは、領域判定を誤り、N_Oxの浄化効率が向上しないばかりか却って悪化する事態が生じることがある。このときには無駄な後噴射を行うことになり、燃費ばかりが悪化する。

【0053】そこで、触媒の温度を検出するセンサを設けておき、エンジンの負荷と回転数だけでなく、触媒温度に基づいても領域判定を行う。

【0054】これで先願装置における後噴射の制御についての概説を終了する。

【0055】次に、後噴射に用いるコモンレール式の燃料噴射装置を図2により概説すると(詳細は特開昭9-112251号公報参照)、この燃料噴射装置10は、主に燃料タンク11、燃料供給通路12、サプライポンプ14、コモンレール(蓄圧室)16、気筒毎に設けられる燃料噴射弁17からなり、サプライポンプ14により加圧された燃料は燃料供給通路15を介してコモンレール16にいったん蓄えられたあと、コモンレール16の高圧燃料が気筒数分の燃料噴射弁17に分配される。

【0056】燃料噴射弁17は、針弁18、ノズル室19、ノズル室19への燃料供給通路20、リテナ21、油圧ピストン22、針弁18を閉弁方向(図で下方)に付勢するリターンスプリング23、油圧ピストン

22への燃料供給通路24、この通路24に介装される三方弁(電磁弁)25などからなり、バルブボディ内の通路20と24が連通して油圧ピストン22上部とノズル室19にともに高压燃料が導かれる三方弁25のOFF時(ポートAとBが連通、ポートBとCが遮断)には、油圧ピストン22の受圧面積が針弁18の受圧面積より大きいことから、針弁18が着座状態にあるが、三方弁25がON状態(ポートAとBが遮断、ポートBとCが連通)になると、油圧ピストン22上部の燃料が戻し通路28を介して燃料タンク11に戻され、油圧ピストン22に作用する燃料圧力が低下する。これによって針弁18が上昇して噴射弁先端の噴孔より燃料が噴射される。三方弁25をふたたびOFF状態に戻せば、油圧ピストン22に蓄圧室16の高压燃料が導びかれて燃料噴射が終了する。つまり、三方弁25のON時間により燃料噴射量が調整され、蓄圧室16の圧力が同じであれば、ON時間が長くなるほど燃料噴射量が多くなる。26は逆止弁、27はオリフィスである。

【0057】この燃料噴射装置10にはさらに、コモンレール圧力を制御するため、サプライポンプ14から吐出された燃料を戻す通路13に圧力制御弁31を備える。この圧力制御弁31はコントロールユニット41からのデューティ信号に応じて通路13の流路面積を変えるためのもので、コモンレール16への燃料吐出量を調整することによりコモンレール圧力を制御する。コモンレール16の燃料圧力によっても燃料噴射量は変化し、三方弁25のON時間が同じであれば、コモンレール16の燃料圧力が高くなるほど燃料噴射量が多くなる。

【0058】コモンレール圧力PCR1を検出するセンサ32、N_Ox触媒3の温度T1を検出するセンサ37からの信号が、アクセル開度センサ33(アクセルペダルの踏み込み量に比例した出力Jを発生)33、クランク角センサ34(エンジン回転数とクランク角度を検出)、クランク角センサ35(気筒判別を行う)、水温センサ36とともに入力される電子制御ユニット41では、エンジン回転数とアクセル開度に応じて主噴射の目標燃料噴射量とコモンレール16の目標圧力を演算し、圧力センサ32により検出されるコモンレール圧力がこの目標圧力と一致するように圧力制御弁31を介してコモンレール16の燃料圧力をフィードバック制御する。また、演算した主噴射の目標燃料噴射量に対応して三方弁25のON時間を制御するほか、主噴射とは別に各気筒の膨張行程もしくは排気行程で前述した後噴射を行って未燃HCをN_Ox触媒3に供給する。

【0059】電子制御ユニット41で行われる先願装置におけるこの制御を図8～図10、図12のフローチャートに基づいて説明すると、図8は燃料噴射制御のメインルーチン、図9、図10、図12はメインルーチンの一部の詳細を示すサブルーチンである。

【0060】まずメインルーチンを示す図8において、

ステップ100ではコモンレール圧力PCR1、エンジン回転数N_e、気筒判別信号CyI、エンジン負荷LおよびNO_x触媒3の温度T1を読み込み、ステップ200、300、400においてコモンレール圧力制御、エンジンの出力制御のための主噴射制御、NO_x触媒3に対して還元剤としてのHCを供給するための後噴射制御をそれぞれ実行する。

【0061】なお、ステップ100において説明しなかったDPP入口温度T2の読み込み部分、ステップ500、600、700、800、900は本発明部分であり、後述する。

【0062】図9のサブルーチンはコモンレール圧力制御を行うためのものである。

【0063】ステップ201、202では、エンジン回転数N_eとエンジン負荷Lから所定のマップを検索してコモンレール16の目標基準圧力PCR0とこのコモンレール基準圧力PCR0を得るための圧力制御弁31用基準デューティ比Duty0とを求める。これらのマップはエンジン回転数N_eとエンジン負荷Lをパラメータとして電子制御ユニット41のROMに予め記憶しているものである。後述するマップやテーブルについてもすべて電子制御ユニット41のROMに予め記憶しているものであり、この点についての説明は省略する。

【0064】ステップ203では、目標基準圧力PCR0と実際のコモンレール圧力PCR1との差の絶対値を求め、これを目標基準圧力PCR0に対して予め設定された許容圧力差△PCR0と比較する。|PCR0-PCR1|が許容範囲内であればステップ206に進んで基準デューティ比Duty0を開弁デューティ比Dutyとすることによって同じデューティ比を維持し、ステップ207においてこのデューティ比Dutyからデューティ信号を作成して圧力制御弁31を駆動する。

【0065】一方、|PCR0-PCR1|が許容範囲内にない場合は、ステップ203よりステップ204に進み、PCR0-PCR1(=△P)に対応して予め設定されているROMのテーブルを検索してデューティ比の補正係数K_Dutyを求める。たとえば、△Pがマイナス(PCR0よりもPCR1が大きい)の場合はK_Dutyが1よりも小さい値に、この逆に△Pがプラスの(PCR0よりもPCR1が小さい)場合はK_Dutyが1よりも大きい値になる。具体的には圧力制御弁31の特性に合わせてデューティ比補正係数K_Dutyのテーブルデータを設定する。

【0066】ステップ205では基準デューティ比Duty0をこの補正係数K_Dutyにより補正した値を開弁デューティ比Dutyとした後、ステップ207の操作を実行する。

【0067】図10のサブルーチンは主噴射制御を行うためのものである。

【0068】ステップ301ではエンジン回転数N_eとエンジン負荷Lから所定のマップを検索して主噴射量Q_mainを求め、この主噴射量Q_mainとコモンレール圧力PCR1とからステップ302において所定のマップを検索して主噴射期間M_periodを求める。

【0069】ここで、主噴射期間M_periodはmsecの単位で設定され、図11に示したように主噴射量Q_mainが同じならコモンレール圧力PCR1が高いほど主噴射期間M periodが短くなり、コモンレール圧力PCR1が同じなら主噴射量Q_mainが多いほど主噴射期間M periodが長くなる。

【0070】ステップ303ではエンジン回転数N_eとエンジン負荷Lから所定のマップを検索して主噴射開始時期M_startを求める。ステップ304では主噴射量Q_mainが供給されるように噴射開始時期M_startよりM_periodの期間、主噴射すべき気筒の燃料噴射弁17を、2つのクランク角センサ34、35の信号に基づいて開弁駆動する。

【0071】図12のサブルーチンは後噴射制御を実行するためのものである。

【0072】まずステップ401では、そのときのエンジントルク(あるいはエンジン負荷L)とエンジン回転数から定まる運転点が図4に示したいずれの基準領域I～VIにあるかを判定する。この判定の結果、領域を表すI～VIのローマ数字がRAMに記憶される。この領域判定結果により定まる領域を基準領域とする。なお、図4において領域の境界を定める値は、エンジンの暖機完了後に定常状態でエンジンを安定して運転させたときにマッチングにより求めたものである。

【0073】ステップ402では、RAMに記憶されている基準領域(を示すローマ数字)とIを比較する。基準領域がIであるときは、ステップ418進み、後噴射を停止する。この後噴射の停止によって、領域Iでは燃費を最小限に抑えてNO_x還元性能を効率よく発現させることができる。

【0074】基準領域がIでないときはステップ403に進み、触媒温度T1と図3に示した基準温度a, b, c, d, eとの比較からいざれの領域I～VIにあるかを判定する。この判定結果、領域を表すI～VIのローマ数字がRAMに記憶される。この領域判定結果により定まる領域を、上記の基準領域と区別するため実領域とする。

【0075】ステップ404～411、419は図4に示したIIからVIまでの各領域を判定する部分で、次のように判定して、ステップ412以降、ステップ414以降、ステップ418のいずれかに進む。つまり、

〈1〉基準領域=IIかつ実領域≤IIのときはステップ404, 405よりステップ414以降に進む。

【0076】〈2〉基準領域=IIかつ実領域>IIのときはステップ404, 405よりステップ412以降に進む。

【0077】〈3〉基準領域=IIIかつ実領域=IIIのときはステップ406, 407よりステップ412以降に進む。

【0078】〈4〉基準領域=IIIかつ実領域≠IIIのときはステップ406, 407よりステップ414以降に進む。

【0079】〈5〉基準領域=IVかつ実領域=IVのときはステップ408, 409よりステップ414以降に進む。

【0080】〈6〉基準領域=IVかつ実領域≠IVのとき

はステップ408, 409よりステップ412以降に進む。

【0081】〈7〉基準領域=Vかつ実領域 \geq Vかつ実領域 \neq VIのときはステップ410, 411, 419よりステップ412以降に進む。

【0082】〈8〉基準領域=Vかつ実領域<Vのときはステップ410, 411よりステップ414以降に進む。

【0083】〈9〉基準領域 \neq Vのときはステップ410よりステップ418に進む。

【0084】〈10〉基準領域=Vかつ実領域 \geq Vかつ実領域=VIのときはステップ410, 411, 419よりステップ418に進む。

【0085】ここで、上記の〈1〉、〈3〉、〈5〉、〈7〉は基準領域と実領域が一致する場合（定常時）であり、〈1〉、〈5〉の場合は、ステップ414に進み、負荷と回転数から、主噴射からの遅角間隔を小さくした後噴射開始時期マップ（図示しない）を検索して後噴射開始時期A startを求める。この後噴射開始時期A startは、図5、図6において領域II、IVに示したように、膨張行程に位置している。

【0086】ステップ415では、負荷から後噴射量比率テーブルを検索して後噴射量比率K aftを求め、これを図10で求めた主噴射量Q mainに乗じることで後噴射量Q aft（=K aft \times Q main）を算出する。後噴射量比率テーブルでは、図7において領域II、IVに示したように、領域III、Vの場合よりK aftの値が大きくなっている。

【0087】同様にして、〈3〉、〈7〉の場合は、ステップ412に進み、負荷と回転数から、主噴射からの遅角間隔を大きくした後噴射開始時期マップ（図示しない）を検索して後噴射開始時期A startを求める。この後噴射開始時期A startは、図5、図6において領域II、I、VIに示すように今度は排気行程に位置している。

【0088】ステップ413では、負荷から図7に示す後噴射量比率をテーブルを検索して後噴射量比率K aftを小さな値で求め（図7において領域III、V参照）、これを図10で求めた主噴射量Q mainに乗じて後噴射量Q aftを算出する。

【0089】このようにして算出した後噴射量Q aftとコモンレール圧力PCR1からステップ416で所定のマップ（図11参照）を検索して後噴射期間A periodを求め、ステップ417では図10のステップ303, 304と同様にして後噴射を実行する（後噴射量Q aftが供給されるように、後噴射開始時期A startより後噴射期間A periodのあいだ、後噴射すべき気筒の燃料噴射弁を、2つのクランク角センサ34、35の信号に基づいて開弁駆動する）。

【0090】これに対して上記の〈2〉、〈4〉、〈6〉、〈8〉は基準領域と実領域が一致しない場合（過渡時）で、このときは基準領域の隣の領域に対する後噴射の制御を行う。つまり、〈1〉、〈2〉のときは領域IIの隣の領域であるIIIの領域と、〈1〉、〈4〉のときは領域IIIの隣の領域であるIIまたはIVの領域

と、〈6〉のときは領域IVの隣の領域であるIIIまたはVの領域と、〈8〉のときは領域Vの隣の領域であるIVの領域と同じ後噴射の制御とするわけである。

【0091】さらに述べると、たとえばアクセルペダルを急激に踏み込んだとき、エンジントルクと回転数は応答良く上昇するのに対して、触媒温度T1のほうは遅れて立ち上がるため、エンジントルクと回転数から判定した基準領域はVであるのに、実領域は隣の領域IVにあることがある。この場合には、マップから判定される基準領域に対する後噴射の制御を選択するのではなく、触媒温度から推定される実領域に対する後噴射の制御を選択させることで、過渡運転状態においても領域判定を誤らないようにして、NOxの浄化効率の低下と無駄な後噴射とを回避することができる。

【0092】上記の〈1〉、〈9〉、〈10〉の場合は、無駄な後噴射を行わないので、NOxの浄化性能の悪化と燃費悪化を防止できる。

【0093】このように、先願装置では、複合触媒を構成する低温活性と高温活性の各触媒について活性段階がNOx還元性能の上昇段階、最大活性段階、NOx還元性能の下降段階の3つあることから、複合触媒としては、

- ①低温活性触媒のNOx還元性能の上昇段階の前段階、
 - ②低温活性触媒のNOx還元性能の上昇段階、
 - ③低温活性触媒の最大活性段階、
 - ④高温活性触媒のNOx還元性能の上昇段階（低温活性触媒のNOx還元性能の下降段階でもある）、
 - ⑤高温活性触媒の最大活性段階、
 - ⑥高温活性触媒のNOx還元性能の下降段階
- の6つに区分けしており、現在の活性段階がこのうちのいずれの活性段階にあるのかを判定し、上記②～⑥までの各活性段階では触媒浄化効率が最大となるように後噴射の量とタイミングを制御し、また上記①と⑥の各活性段階（複合触媒が所定の活性温度以下になる活性段階と所定の活性温度以上になる活性段階）では後噴射を停止するようにしたので、燃費の悪化を最小にしつつNOx触媒の浄化性能を最大限に発揮させることができる。

【0094】また、上記6つの活性段階に対応してエンジンの負荷と回転数により定まる基準領域I～VIを設定し、現在のエンジンの負荷と回転数からどの基準領域にあるのかをみて現活性段階を判定するほか、上記6つの活性段階を複合触媒の温度により定まる実領域でも設定し、複合触媒の現在の温度からどの実領域にあるかのをみて現活性段階を判定し、この判定結果と基準領域に基づく判定結果が異なるときは、基準領域に基づく判定結果の隣の活性段階にあると判定するようにしたので、新たなセンサを設けることなく、上記6つの活性段階のうちどの活性段階に現在の活性段階が該当するのかを精度良く判定できるとともに、過渡運転状態においても活性段階の判定を誤らないようにして、NOxの浄化効率の

低下と無駄な後噴射とを回避できる。

【0095】図3左側に示したように、先願装置によればII～Vの各領域で破線で示したようにHC/N_{Ox}比を一定に保ちつつ前述した後噴射の量とタイミングの制御を行うことで、後噴射を実行しない場合と比べてNO_x転換率である $\eta_{NO_x} (%)$ が大きく向上することになっている(一点鎖線参照)。なお、図3左側において、後噴射(アフターインジェクション)付きをw/A.Iで、後噴射なしをw/oA.Iで略記している。

【0096】これで先願装置の説明を終える。

【0097】一方、触媒ではNO_xは除去できても、PM(特にドライストート)は除去できないので、図1に示したように、低温活性型触媒3bの下流にDPF4を備える。これは筒の部分に多数の孔を設けた有底円筒状の芯部材4aにセラミックファイバー4bを幾層にも巻き回したもので、底のあるほうを下流側にして取り付けている。このとき、排気は図示の矢印のように流れ、排気中のPMがセラミックファイバー4bに捕集される。DPFはこのタイプのものに限らず、従来より公知のウォールフローハニカムタイプのものであってもよい。

【0098】さて、こうしたDPF4の上流側に酸化触媒を設け、この酸化触媒で排気中のNOを酸化させてNO₂を生成させ(NO_x中のNO₂の比率が増加)、DPFに捕集されているPMをこの生成させた高酸化力のあるNO₂によって燃焼させて除去することにより、DPFを再生するようにしたものが公知である。

【0099】この従来装置でのPM除去の反応原理は、「NO₂+C→NOおよび2NO₂+2C→N₂+2CO₂」であり、エンジンからのPM発生量に見合ったNO₂が存在すれば、比較的低温であってもDPFに捕集されたPMが連続的に除去されてDPFにPMが堆積しないため、DPFを再生させるための特別な加熱装置等を設ける必要がない。この点は、本出願人の研究において確認している。

【0100】そこで、低温活性型触媒3bに酸化性能をも併せ持たせ、従来装置と同じにこの酸化性能により排気中のNOをNO₂に変換させることが考えられる。なお、酸化性能を低温活性型触媒3bに持たせるには、低温活性型触媒3bが、貴金属(特に白金)をイオン交換したゼオライト、貴金属担持の活性アルミナまたはこれら両材料を組み合わせたものである必要がある。

【0101】しかしながら、酸化性能によるNOからNO₂への変換は触媒3bの温度に依存しており、NOからNO₂への変換は触媒3bの入口排気温度で約150°C当たりから始まる。また、上記の「NO₂+C→NOおよび2NO₂+2C→N₂+2CO₂」の反応もやはり触媒3bの触媒温度に依存しているため、実用上は約250°C～約300°C以上の触媒温度でないとDPF4に捕集されたPMが連続的に除去される状況にならないことが上記の研究において判明した。これより、アイドリング運転の比

率が高くなる渋滞運転時など触媒3b入口における排気低温時には徐々にDPF4にPMが堆積していくため、渋滞運転が継続されたのでは、背圧上昇によってエンジンの動力性能が悪くなり、また、PMの燃焼条件に合致したときにPMの堆積量が多いと、PM燃焼による発熱が過大となってDPF4が焼損する可能性がある。

【0102】これに対処するため本発明の第1実施形態では、DPF4の再生条件になったかどうかを判定し、DPF4の再生条件でない場合には先願装置の後噴射量制御(つまり排気浄化主体の後噴射量制御)を行い、DPF4の再生条件になると、DPF再生主体の後噴射制御に切換える、このDPF再生主体の後噴射制御により触媒3bおよびDPF4に流入する排気の各温度を上昇させる。

【0103】ここで、DPF再生主体の後噴射制御をさらに説明する。

【0104】DPF再生主体の後噴射の開始時期を図5、図6に重ねて示す。なお、実線で示す先願装置に対して、一点鎖線で示す本発明の第1実施形態を重ならせると、重なった部分が見にくくなるので、実際には省略しているが、実線で示した矢印の位置に、一点鎖線で示す矢印があることになる。

【0105】さて、領域II～Vでは排気浄化主体の後噴射の開始時期と同じである。これは、DPF4の再生中においても、複合触媒の浄化性能を最大限に発揮させるためである。

【0106】DPF再生主体の場合は、後噴射を行う領域をさらにVIの領域まで拡大する。これは次の理由による。排気浄化主体の場合は、領域VIにおいて後噴射を停止することにより、高温活性型触媒3aのNO_x還元性能の下降を防止している。しかしながら、DPF再生主体の場合は、後噴射を行って酸化性能を有する触媒3bの温度を上昇させたほうが触媒3bの酸化性能によるNOからNO₂への変換が活発化するので、DPF再生主体の場合は、VIの領域においても後噴射を行わせるのである。

【0107】ただし、領域VIでは、領域Vと同じに主噴射からの遅角間隔を大きく設定している。

【0108】一方、DPF再生主体の後噴射量は、排気浄化主体よりも所定値だけ大きく設定する。このためDPF再生主体の後噴射量比率K_{aft}を、図7に重ねて示すと、DPF再生主体のほうが排気浄化主体よりも後噴射量比率K_{aft}が所定値だけ大きくなる(一点鎖線の矢印参照)。実際には、DPF再生主体の後噴射制御用にも、後噴射量比率K_{aft}を領域毎に切換えるテーブルを用意している。

【0109】このように、領域IIとIVにおいて、排気浄化主体の場合と同じに複合触媒3の温度上昇とHC/N_{Ox}比の増加の両方を狙って、DPF再生主体の後噴射の開始時期を主噴射に近づけるとともに、排気浄化主体の場合よりもDPF再生主体の後噴射量を大きくすると、その後噴射量の增量分だけ排気浄化主体の場合より後噴射

した燃料の気筒内での燃焼量割合と燃焼量が増加してエンジンアウトでの排気の温度が上昇し、その分だけ酸化性能を有する触媒3bおよびDPF4に流入する排気の各温度が上昇する。これによって、触媒3bの有する酸化性能によるNOからNO₂への変換率が高まり、DPF4におけるPMの燃焼、除去が促進される。

【0110】一方、領域IIIとVにおいて、排気浄化主体の場合と同じにHC/NOx比の増加だけを主に狙って、DPF再生主体の後噴射の開始時期を主噴射から離すとともに、排気浄化主体の場合よりもDPF再生主体の後噴射量を大きくすると、排気浄化主体の場合に比べて、後噴射した燃料の気筒内での燃焼量割合は平均すると小さいが、燃焼量がほぼ同等になるため、酸化性能を有する触媒3bまで運ばれる未燃HC量が増加し、触媒3bではこの増加した未燃HCを酸化（燃焼）させることで触媒3bとこの触媒3bを通過する排気の各温度が上昇する。つまり、排気浄化主体の場合よりも多い未燃HCの酸化による発熱で、触媒3bとDPF4に流入する排気の各温度が上昇するわけである。したがって、この触媒3bとDPF4に流入する排気の各温度の上昇によって触媒3bの有する酸化性能によるNOからNO₂への変換率が上昇し（図14の破線参照）、DPF4におけるPMの燃焼、除去が促進される。

【0111】なお、図14においても、図3左側と同様に、後噴射（アフターインジェクション）付きをw/A.Iで、後噴射なしをw/oA.Iで略記している。

【0112】また、領域VIでは燃焼室の温度が高いため、主噴射から大きく遅角して排気行程の最後のほうで後噴射を実行しても、ほとんどの燃料が燃焼し、これによってHC/NOx比が増加することなく、エンジンアウトでの排気の温度のみが上昇することになる。しかしながら、DPF4の再生のためにはエンジンアウトでの排気の温度を高めるほうが望ましく、したがって領域VIにまで後噴射を行う領域を拡大することで、触媒3bの有する酸化性能によるNOからNO₂への変換とDPF4におけるPMの燃焼、除去がさらに促進される。

【0113】電子制御ユニット41で行われる本発明の第1実施形態によるこの制御をフローチャートを参考してさらに説明すると、先願装置に対して、図8のステップ500、600、700、800、900と図13（図8のステップ700のサブルーチン）と新たに追加している。

【0114】図8から説明すると、ステップ500では再生中フラグからDPF4の再生中であるかどうかを判定する。ここで、再生中フラグ=1はDPF4の再生中であることを、また再生中フラグ=0はDPF4の再生中でないことを表す。初回は再生中フラグ=0であるため、ステップ600に進み、DPF4の再生が必要かどうかを判定する。

【0115】再生が必要な条件とは、DPF4に所定量のPMが捕集された状態となった場合である。たとえば触媒3bの入口温度T1が約150°C以下の低温状態が所定

時間（例えば約1時間）連続すると、DPF4に所定量のPMが捕集された状態となる。したがって、触媒3bの入口温度T1が約150°C以下の低温状態が約1時間連続していなければ（DPF4の再生が必要でない）、ステップ400に進み、排気浄化主体の後噴射制御（前述した先願装置の後噴射制御）を実行する。

【0116】これに対して、触媒3bの入口温度T1が約150°C以下の低温状態が所定時間連続したとき（DPF4の再生が必要である）、ステップ700でDPF再生主体の後噴射制御（詳細は図13により後述する）を実行する。なお、このとき、再生中フラグが“1”となる。

【0117】ステップ800ではDPF4の再生が終了したかどうかを判定する。ここで、再生を開始して所定時間（たとえば約10分）が経過すれば、再生が終了する。したがって、再生の開始から所定時間が経過していないとき（再生が終了していない）、そのまま今回の処理を終了する。

【0118】上記の再生中フラグの“1”への設定により、次回からステップ500よりステップ700に進むことになり、DPF再生主体の後噴射制御を継続し、再生の開始から約10分が経過するまでそのまま終了する。

【0119】やがて、再生の開始から約10分が経過したとき（再生を終了）、ステップ800からステップ900に進み、再生中フラグ=0とする。この再生中フラグの“0”へのリセットにより、次回からはステップ500よりステップ600に進むことになる。

【0120】図13のサブルーチンは、DPF再生主体の後噴射制御を実行するためのものである。

【0121】ここで、DPF再生主体の後噴射制御は、図12に示した排気浄化主体の後噴射制御と基本的に同様なので、図12と同一部分には同一のステップ番号を付けている。図13を図12と比べてみると、次の3点だけが図12と異なる。

【0122】〔1〕図12のステップ419に対応する部分が図13にない。

【0123】〔2〕図12のステップ413、415と図13のステップ701、702とで内容が少し異なる。

【0124】〔3〕図12にはないステップ703が図13にある。

【0125】まず、〔1〕の違いより、DPF再生主体の後噴射制御では、上記の〈9〉、〈10〉の場合も原則としてステップ412以降に進む。

【0126】ここで、〈9〉、〈10〉を改めてまとめてみると、〈9〉基準領域=VIのとき、〈10〉基準領域=Vかつ実領域=VIのときである。つまり、領域VIの場合（〈9〉と〈10〉の場合）にもステップ412に進むことになり、主噴射からの遅角間隔を大きくした後噴射開始時期マップを検索して後噴射開始時期A_startを求める。この結果、図5、図6に示したように、DPF再生主体の場合は、領域VIまで後噴射の領域が拡大される（一

点鎖線の矢印参照)。

【0127】〔2〕の違いより、排気浄化主体の場合の後噴射量を「基準後噴射量」とすれば(図12のステップ413、415参照)、DPF再生主体の場合は、この基準後噴射量よりも所定量大きい後噴射量(DPF再生後噴射量)を算出する(図13のステップ701、702)。つまり、負荷Loadから図7に示す後噴射量比率テーブルのうちDPF再生主体の場合のテーブル(つまり一点鎖線の矢印で示した特性のテーブル)を検索して後噴射量比率K_{aft}を求め、これを図10で求めた主噴射量Q_{main}に乗じてDPF再生後噴射量Q_{aft}を求める。

【0128】〔3〕の違いより、後噴射期間A periodを求めたあとステップ703でDPF4の入口温度T2と所定温度(たとえば約600°C)を比較する。なお、DPF4の入口温度T2は図8のステップ100において温度センサ38(図1参照)から読み込んでいる。

【0129】ここで、所定温度の約600°Cは、DPF再生主体の後噴射を実行して酸化性能を有する触媒3bとDPF4に流入する排気の各温度を上昇させるまでもなく、DPF4に捕集されたPM(特にドライスト)が十分に燃焼する温度(の下限値)である。したがって、DPF4の入口温度T2が約600°Cを超えるときは、DPF4に捕集されたPMが自着火して十分に燃焼するので、ステップ418に進んでDPF再生主体の後噴射を停止する。これによって、無駄な燃料消費が抑えられる。

【0130】このように本発明の第1実施形態では、NO_x触媒が、NO_x還元性能が温度に対して突起的な特性を有する2つの触媒3a、3bを直列配置した複合触媒3である場合に、下流側に位置する低温活性型触媒3bにNOからNO₂への変換を可能にする酸化性能を併せ持たせるとともに、その低温活性型触媒3bのすぐ下流にDPF4を配置しておき、DPF4の再生条件になったかどうかを判定し、DPF4の再生条件でない場合は、先願装置と同様に排気浄化主体の後噴射量制御を行い、DPF4の再生条件になると、DPF再生主体の後噴射制御に切換え、このDPF再生主体の後噴射制御において排気浄化主体の後噴射制御の場合よりも後噴射量(後噴射量比率)を所定値大きくし、かつ後噴射を行う領域を領域VIまで拡大したので、NO_x還元性能が温度に対して突起的な特性を有する触媒を複数配置した複合触媒である場合にも、複数の各触媒のNO_x浄化性能を最大限に引き出しつつDPFの再生を行わせることができ、これによって渋滞運転が継続された場合にも、NO_xを浄化しながら、背圧上昇によるエンジン動力性能の悪化やDPFの焼損を防止できる。

【0131】また、DPF4の再生中に、DPF4の入口温度T2が、DPF4に捕集されたPMが自着火して燃焼するのに十分な温度になったときは、後噴射を停止するので、無駄な燃料消費を抑制できる。

【0132】図15は第2、第3の2つの実施形態のDP

F再生主体の後噴射の開始時期を、排気浄化主体の後噴射の開始時期に重ねて示したものである(一点鎖線、二点鎖線の矢印参照)。なお、第2、第3の各実施形態を重ねるといても、見ずらくなるので、一点鎖線、二点鎖線の矢印を少しづらした位置で示している。

【0133】図15の一点鎖線の矢印で示したように、第2実施形態は、II、IVの領域だけでなく、III、VI、Vの領域においても、II、IVの領域と同じに、HC/N_O比の増加と排気温度の上昇の両方を狙って、DPF再生主体の後噴射の開始時期を主噴射に近づけるようにしたものの、これに対して第3実施形態は、図15の二点鎖線の矢印で示したように、III、Vの領域だけでなく、IV、VIの領域においても、III、Vの領域と同じに、HC/N_O比の増加だけを主に狙って、DPF再生主体の後噴射の開始時期を主噴射から離すようにしたものである。

【0134】図16は第2、第3の2つの実施形態のDPF再生主体の後噴射量を、排気浄化主体の噴射量に重ねて示し(一点鎖線、二点鎖線の矢印参照)、第2、第3の2つの実施形態とも、DPF再生主体の後噴射量を、排気浄化主体の場合よりも所定値大きく設定する(DPF再生主体の場合のほうが排気浄化主体の場合よりも後噴射量比率K_{aft}が所定値大きくなる)点は第1実施形態と同じである。

【0135】こうした2つの実施形態のDPF再生主体の後噴射制御の内容を具体的に示すのが、図17、図18(図13と同一部分には同一のステップ番号を付けている)で、これらのサブルーチンは、第1実施形態の図13に置き換わるものである。

【0136】第2実施形態を示す図17、第3実施形態を示す図18において触媒温度T1と比較するための値(図17ステップ711のaと図18ステップ721のb)は、図3に示した各基準温度である。

【0137】このように構成すると、第2実施形態では領域II、IVにおいて、また第3実施例では領域III、Vにおいて第1実施形態と同様に、DPF4の再生中も複合触媒3のNO_x浄化性能を最大限に引き出しつつDPF4の再生が行われる。

【0138】一方、第2実施形態では、DPF4の再生中、領域III、V、VIになると、複合触媒3のNO_x浄化性能を最大限に引き出すことまでは考えず、DPF4の再生のため、後噴射した燃料の気筒内での燃焼量割合と燃焼量の増加に伴うエンジンアウトでの排気の温度が上昇させられる。第3実施形態においても、DPF4の再生中、領域IV、VIになると、複合触媒3のNO_x浄化性能を最大限に引き出すことまでは考えず、DPF4の再生のため、酸化性能を有する触媒3bに運ばれる未燃HC量を増加させ、この増加した未燃HCを触媒3bの有する酸化性能により燃焼させることに伴う触媒3bの温度上昇とDPFに流入する排気温度の上昇が図られる。

【0139】つまり、DPF4の再生中もIIからVまでの各領域で複合触媒のNO_x浄化性能を最大限に引き出すようとした第1実施形態に対して、第2、第3実施形態では、複合触媒のNO_x浄化性能を最大限に引き出すことまで考えない一部の領域があるぶんだけ、第1実施形態より複合触媒のNO_x浄化性能が若干低下するものの、その反面、DPF4の再生処理が第1実施形態の場合よりも簡単であり、第1実施形態と同様に、DPFの再生中も、NO_xを浄化しながら、DPF4の再生が行われる。

【0140】なお、第2実施形態と第3実施形態の違いは、第2実施形態がエンジンアウトでの排気の温度を上昇させ、その高温の排気を、酸化性能を有する触媒3bとDPF4に導くようにするのに対して、第3実施形態では、主に後噴射された燃料を未燃のまま触媒3bにまで運び、この未燃HCを触媒3bの有する酸化性能により燃焼させることによって触媒3bとDPFに流入する排気の各温度の上昇させる点にある。通常、エンジンより出た排気が、触媒3bに達するまでに相当な量の熱が排気管外部に放出されてしまうことを考えると、第3実施形態では、エンジンアウトから触媒3bまでの放熱量を減らすことができることから、特にエンジンアウトから触媒3bまでの管路の距離が長い場合には第3実施形態のほうが有利である。

【0141】図19は第4、第5実施形態で、第2、第3実施形態の図15に置き換わるものである。なお、第4、第5実施形態の後噴射量比率K_{aft}の設定は、第2、第3実施形態の図16と変わりない(つまり、第4実施形態の後噴射量比率K_{aft}の設定は第2実施形態と、第5実施形態の後噴射量比率K_{aft}の設定は第3実施形態と同じ)。

【0142】図19に示したように、DPF再生主体の後噴射の開始時期A_startを、第4実施形態では第2実施形態の場合より、また第5実施形態では第3実施形態の場合より一様にやや主噴射に近づけて(主噴射からの遅角間隔を一様にやや小さく)設定している。これは、DPF再生主体の後噴射量を排気浄化主体の場合より大きくした分だけHC量が増加するので(図16参照)、このHC量の増加分をエンジンアウトでの温度上昇分に振り向けるため、主噴射からの遅角間隔をやや小さくしたもので、これによって、第4、第5の各実施形態でも、第2、第3の各実施形態と同様の作用、効果が生じる。

【0143】実施形態では、リーン雰囲気でのNO_x活性温度範囲が異なる2つの触媒を直列配置した複合触媒3のうち、低温活性型触媒3bにだけに酸化性能を併せ持たせた場合で説明したが、高温活性型触媒3aに酸化性能を併せ持たせてもかまわない。また、複合触媒ではなく、1つだけのNO_x触媒であっても、本発明を適用することができることはいうまでもない。

【0144】実施形態では、コモンレール式の燃料噴射装置を用いて後噴射を実行し、酸化性能を有するNO_x

触媒とDPFに流入する排気の各温度を上昇させることによって、NO_xを浄化しながらDPFを再生させるもので説明したが、これに限られるものでない。後噴射に代わる他の装置、たとえばヒータ等を用いて酸化性能を有するNO_x触媒とDPFに流入する排気の各温度を上昇させるようすることでも、ほぼ同様の効果が得られる。

【0145】DPFの再生が必要な条件になったかどうかの判定は実施形態のものに限定されない。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態の制御システム図。

【図2】コモンレール式燃料噴射装置のシステム図。

【図3】複合触媒のNO_x還元性能および先頭装置、本発明の第1実施形態の各効果を示す特性図。

【図4】エンジントルクと回転数に対する領域図。

【図5】図4のX軸に沿った後噴射時期の特性図。

【図6】図4のY軸に沿った後噴射時期の特性図。

【図7】図4のX軸に沿った後噴射量比率K_{aft}のテーブル特性図。

【図8】燃料噴射のメインルーチンを説明するためのフローチャート。

【図9】コモンレール圧力の制御ルーチンを説明するためのフローチャート。

【図10】主噴射制御ルーチンを説明するためのフローチャート。

【図11】主噴射と後噴射の燃料噴射期間の特性図。

【図12】排気浄化主体の後噴射制御ルーチンを説明するためのフローチャート。

【図13】DPF再生主体の後噴射制御ルーチンを説明するためのフローチャート。

【図14】低温活性型触媒3bのNOからNO₂への変換率の特性図。

【図15】第2、第3の各実施形態の図4のX軸に沿った後噴射時期の特性図。

【図16】第2、第3、第4、第5の各実施形態の図4のX軸に沿った後噴射量比率K_{aft}のテーブル特性図。

【図17】第2実施形態のDPF再生主体後噴射制御ルーチンを説明するためのフローチャート。

【図18】第3実施形態のDPF再生主体後噴射制御ルーチンを説明するためのフローチャート。

【図19】第4、第5の各実施形態の図4のX軸に沿った後噴射時期の特性図。

【図20】第1の発明のクレーム対応図。

【図21】第7の発明のクレーム対応図。

【図22】第8の発明のクレーム対応図。

【図23】第9の発明のクレーム対応図。

【符号の説明】

1 エンジン本体

3 NO_x触媒

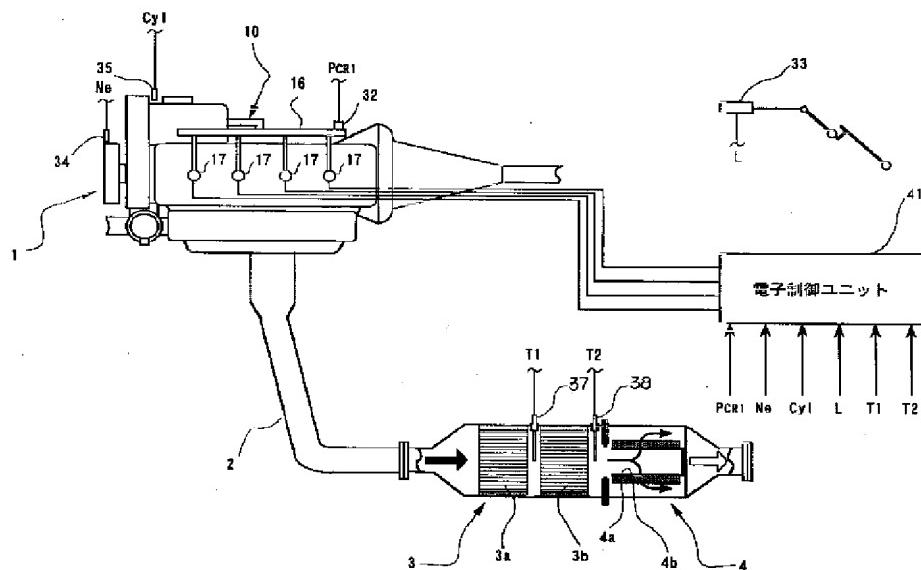
3a 高温活性型触媒

3b 低温活性型触媒

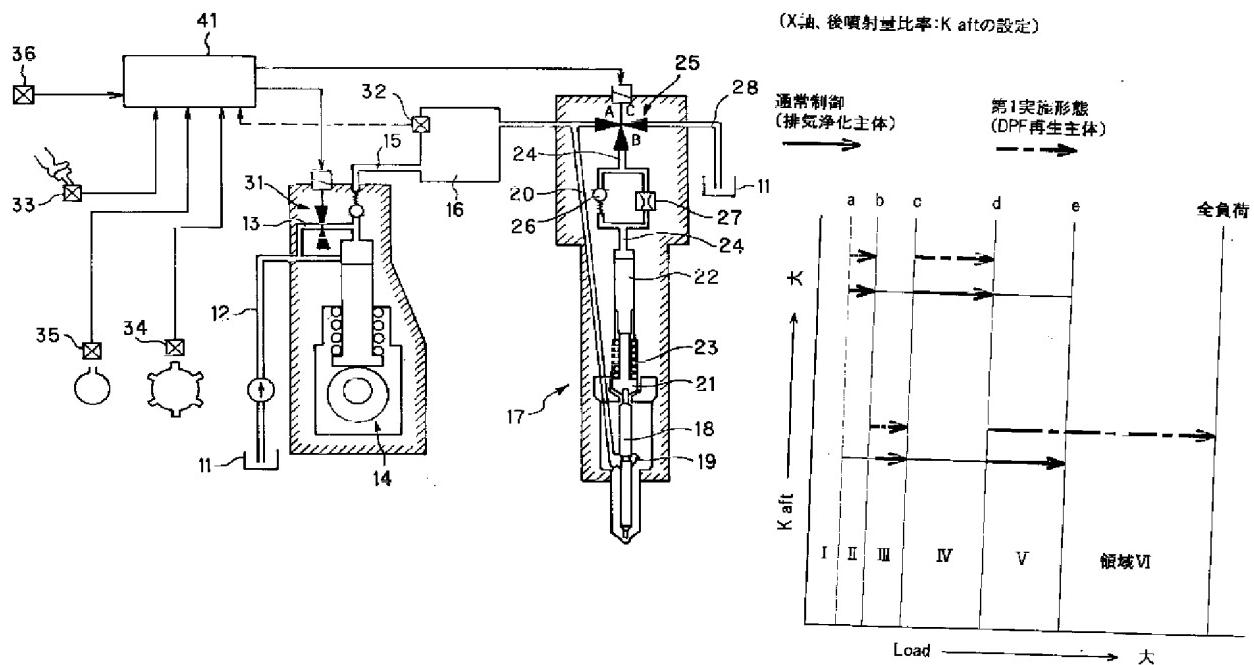
4 DPF
10 コモンレール式燃料噴射装置
17 燃料噴射弁

37 溫度センサ
38 溫度センサ
41 電子制御ユニット

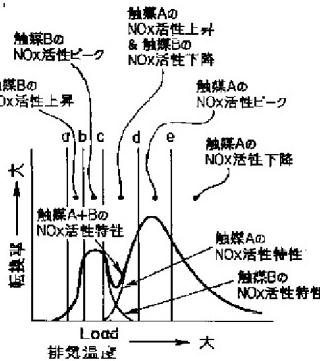
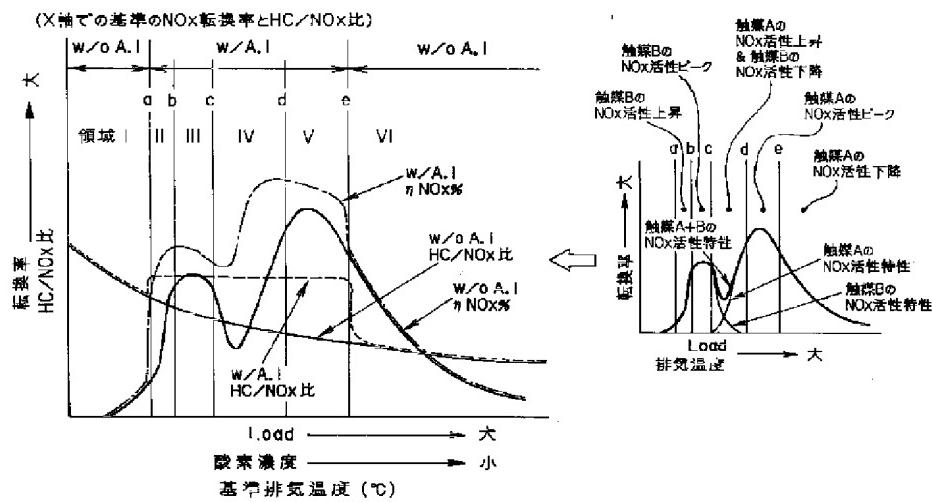
【図1】



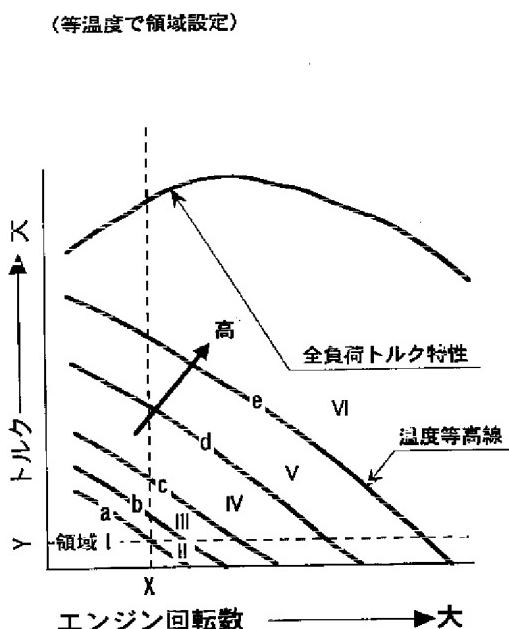
【図2】



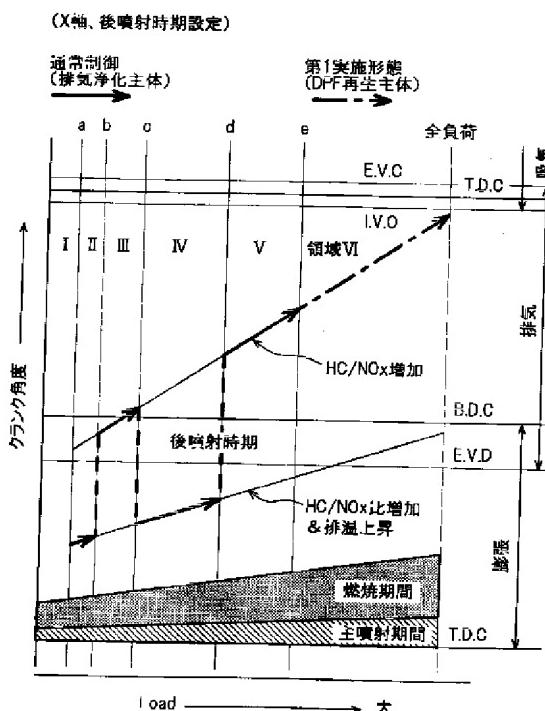
【図3】



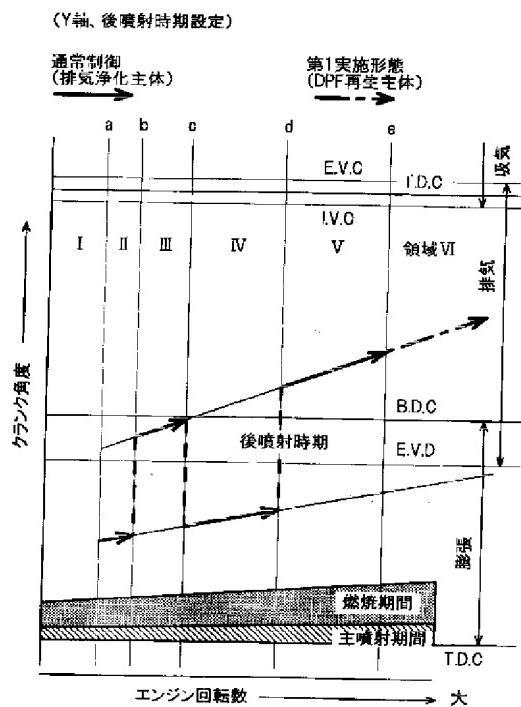
【図4】



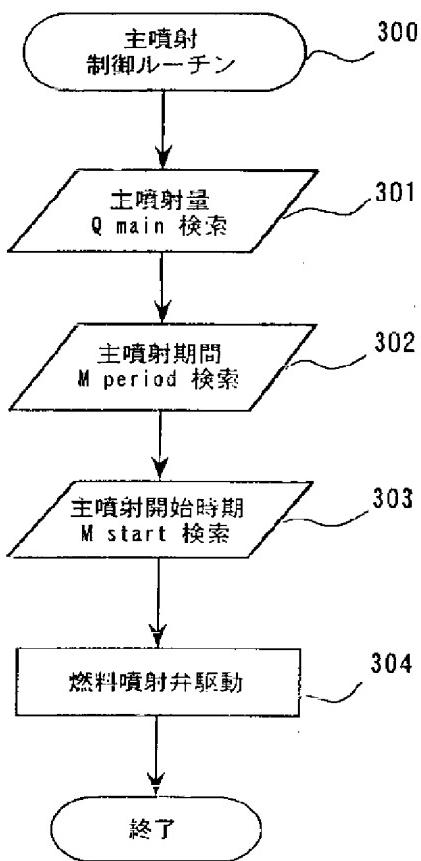
【図5】



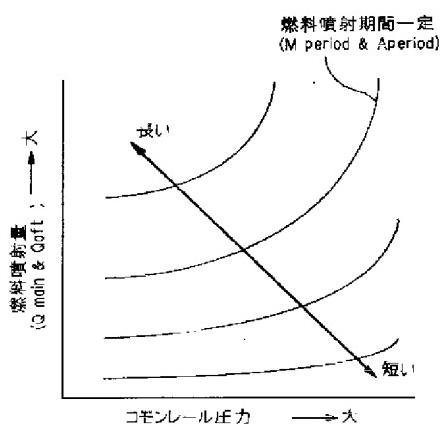
【図6】



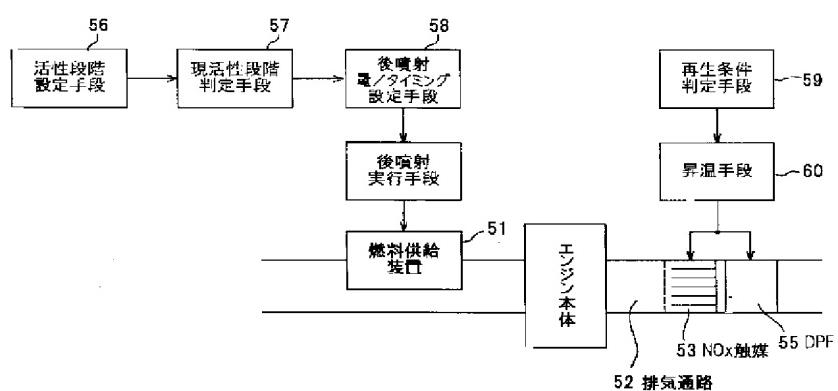
【図10】



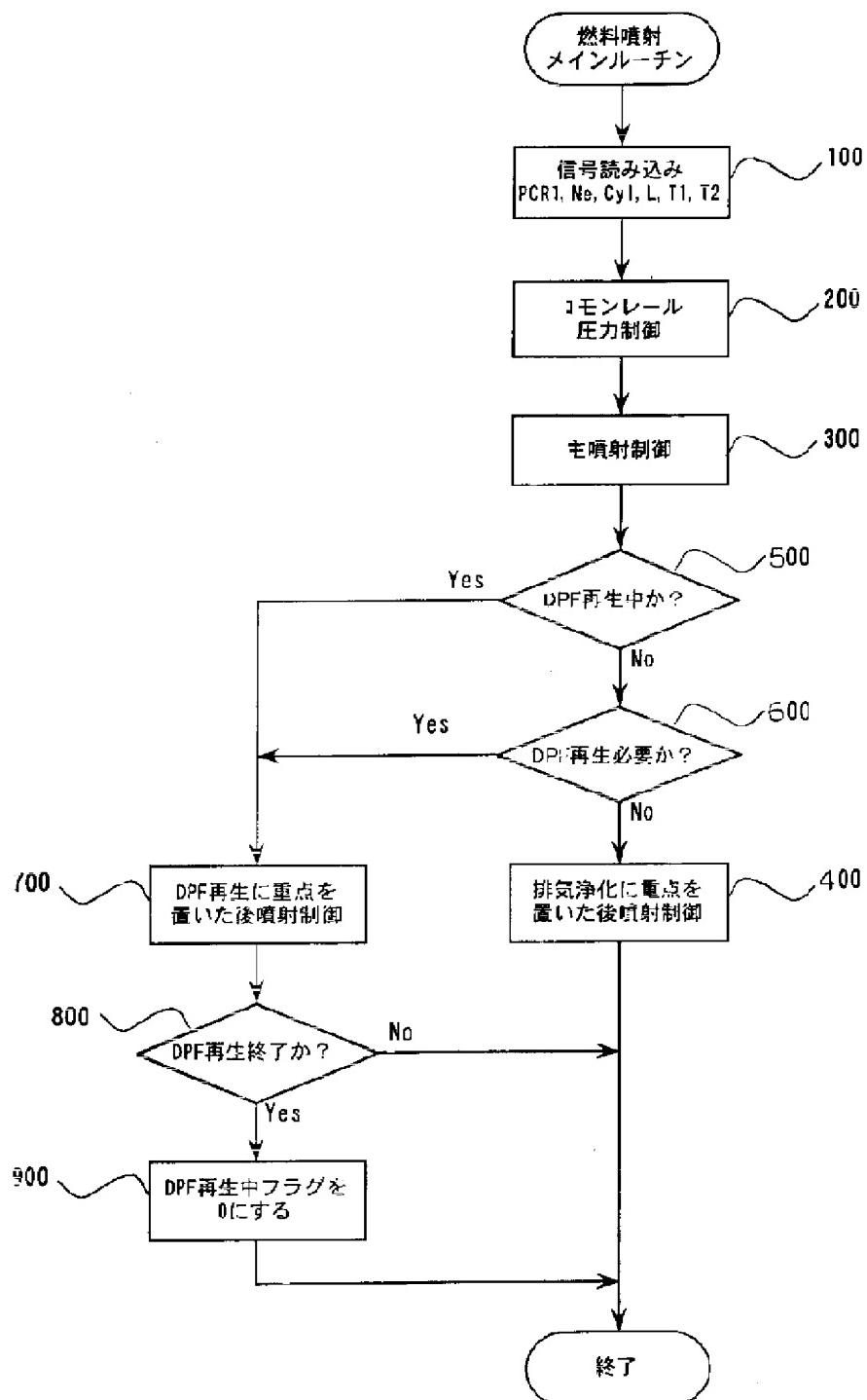
【図11】



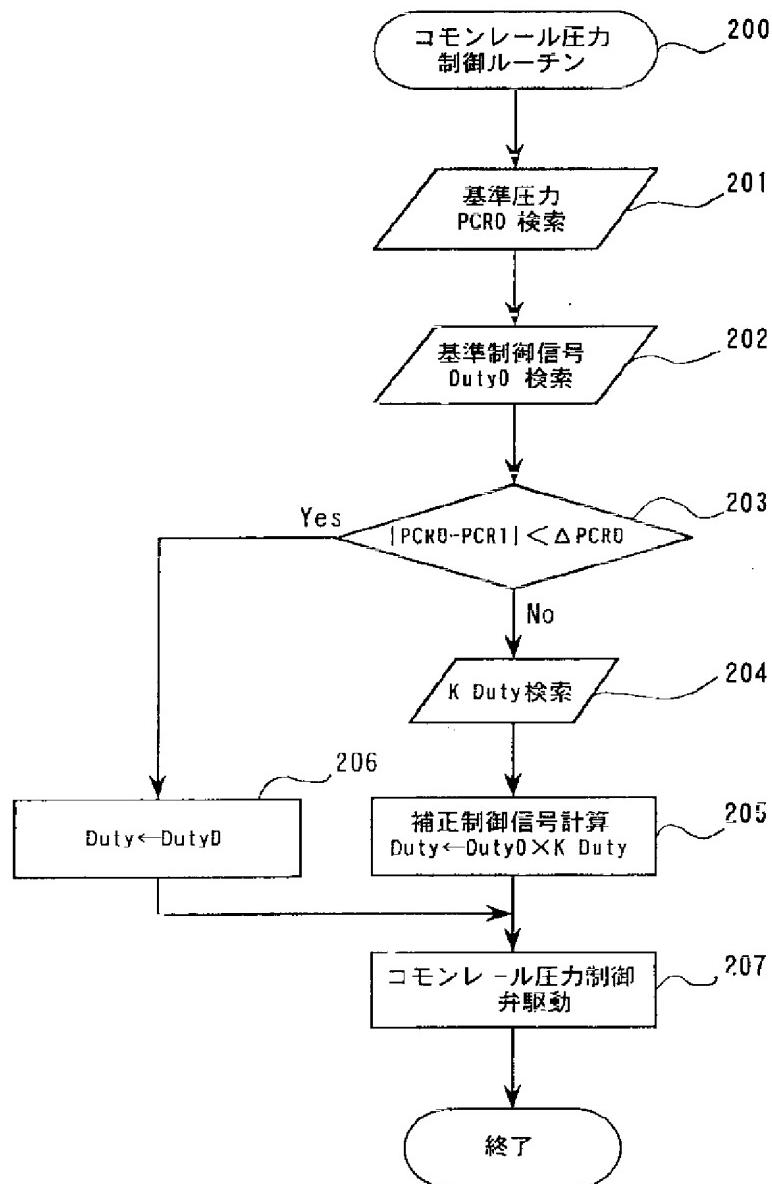
【図20】



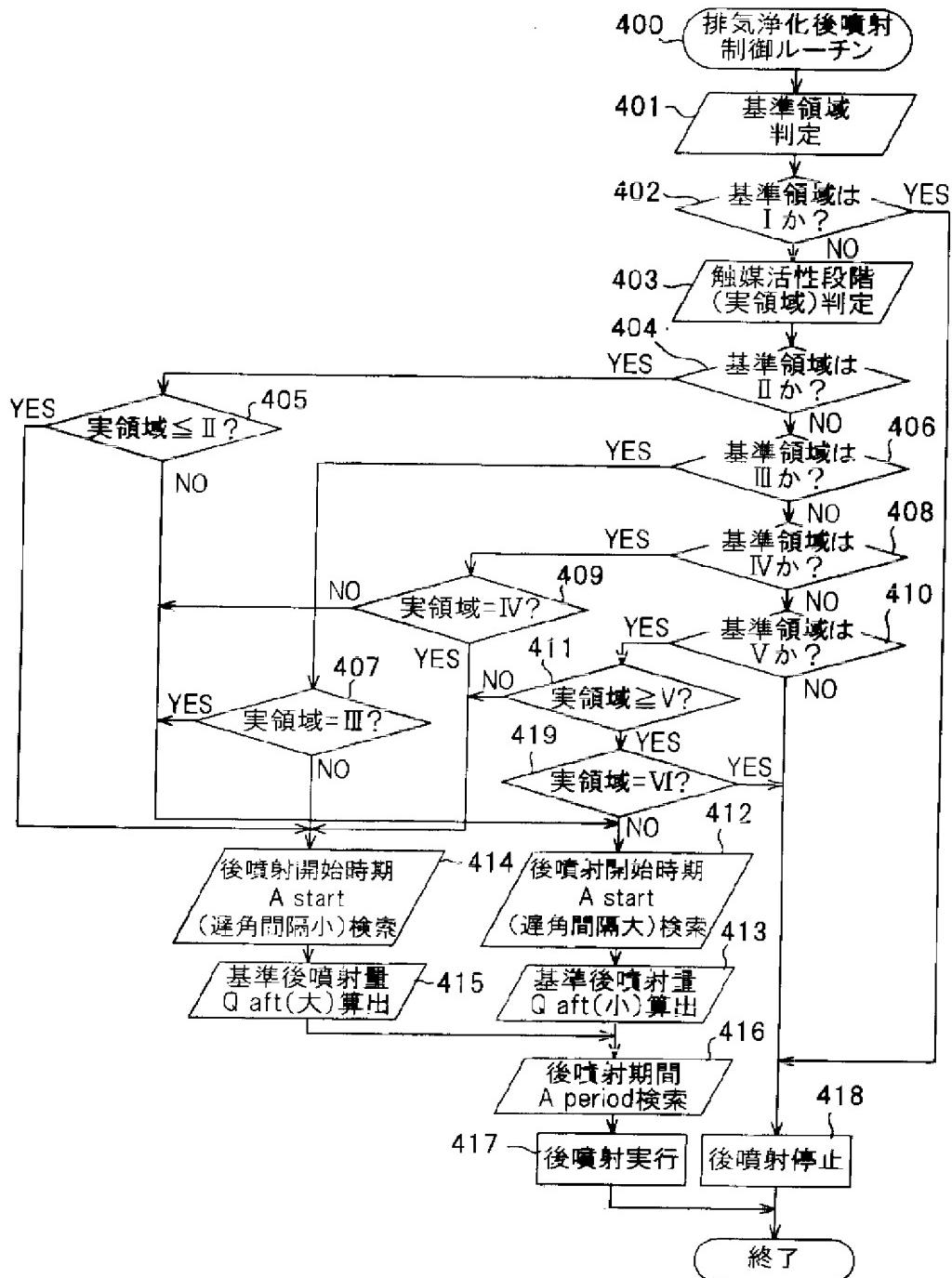
【図8】



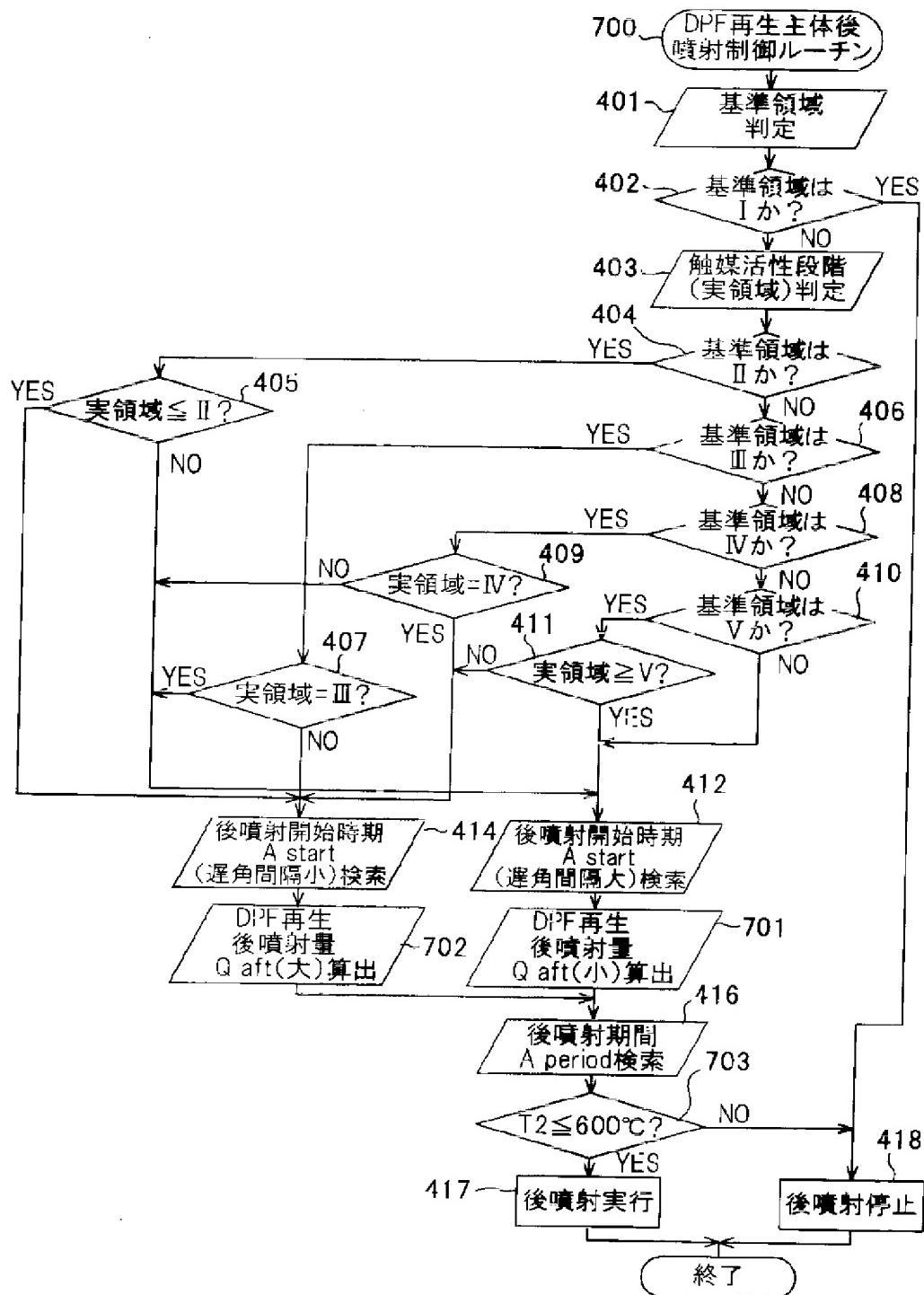
【図9】



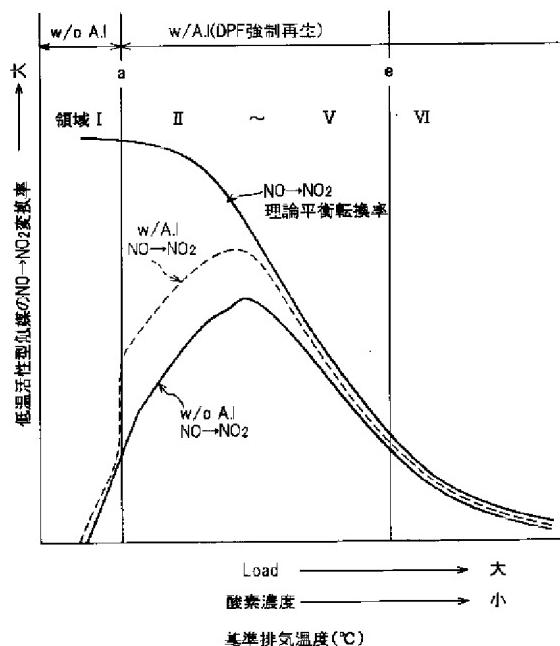
【図12】



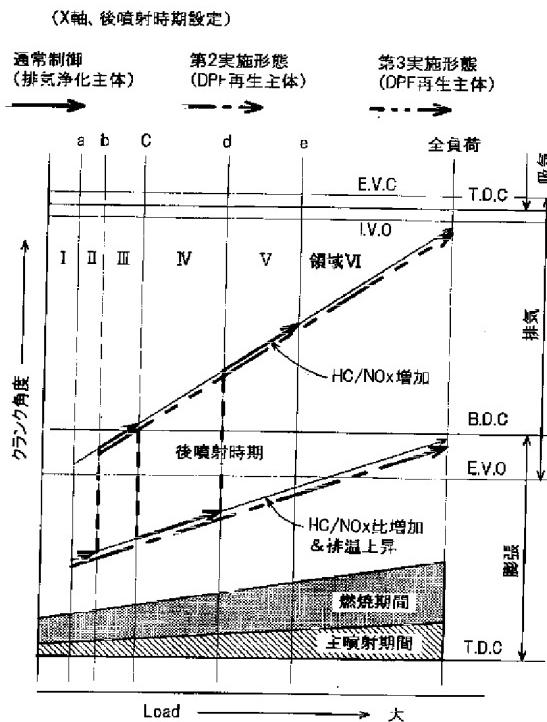
【図13】



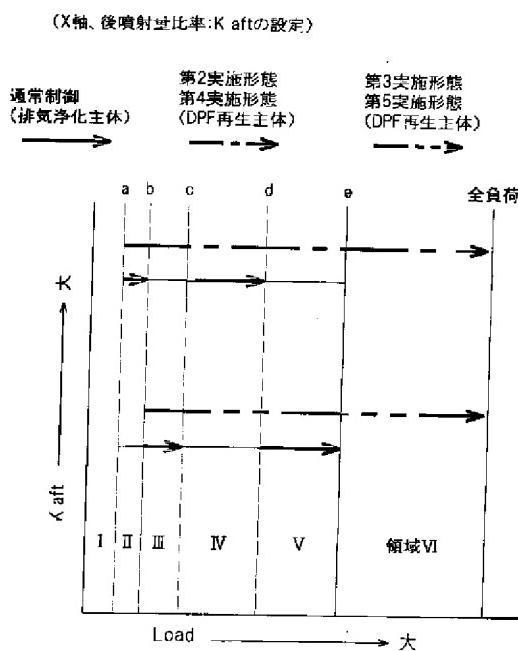
【図14】



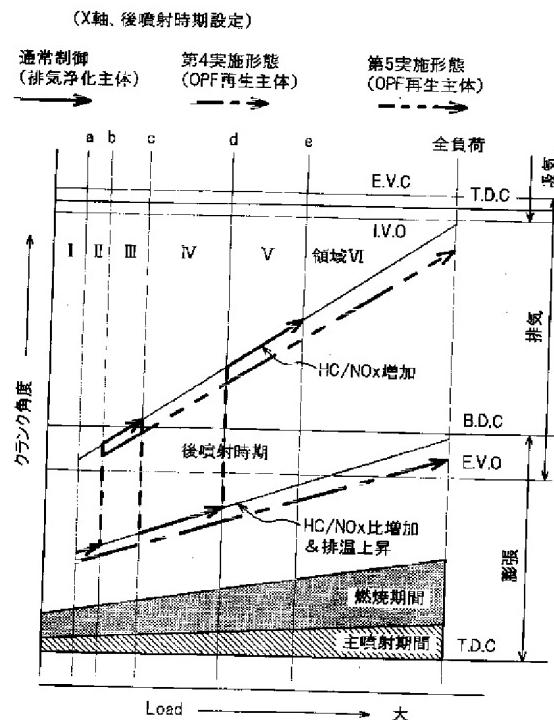
【図15】



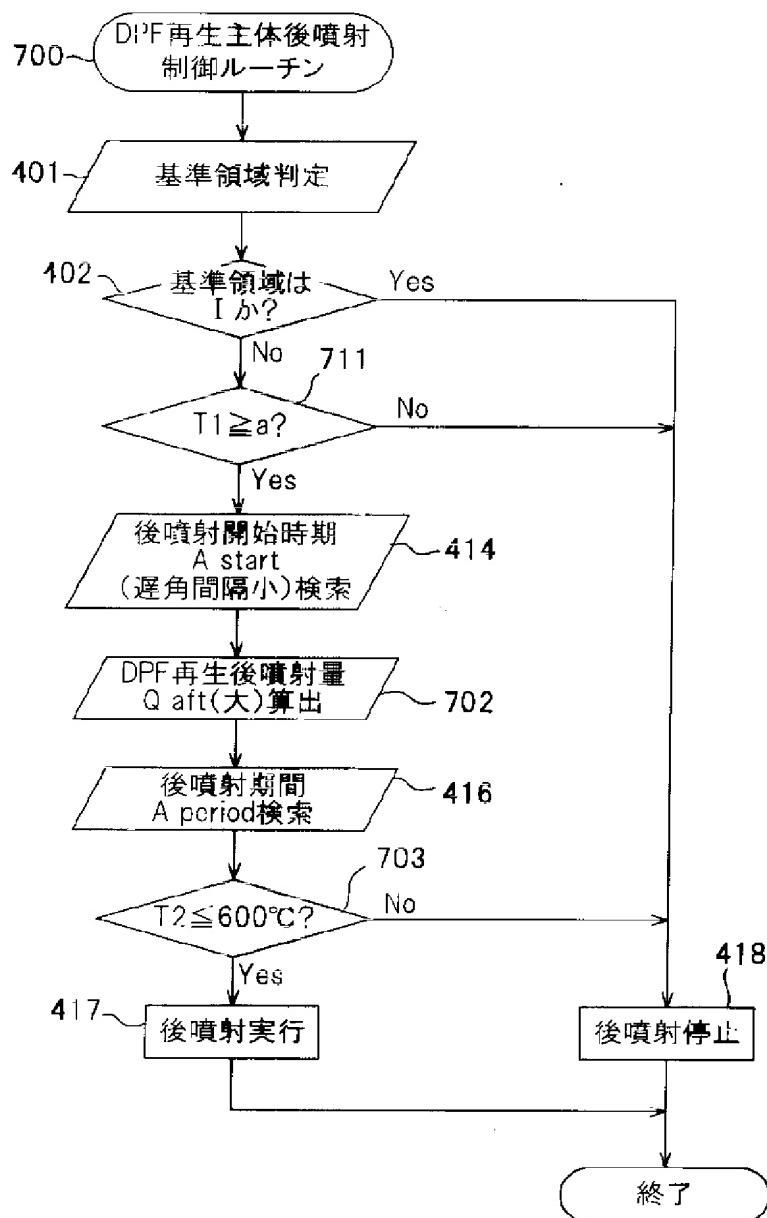
【図16】



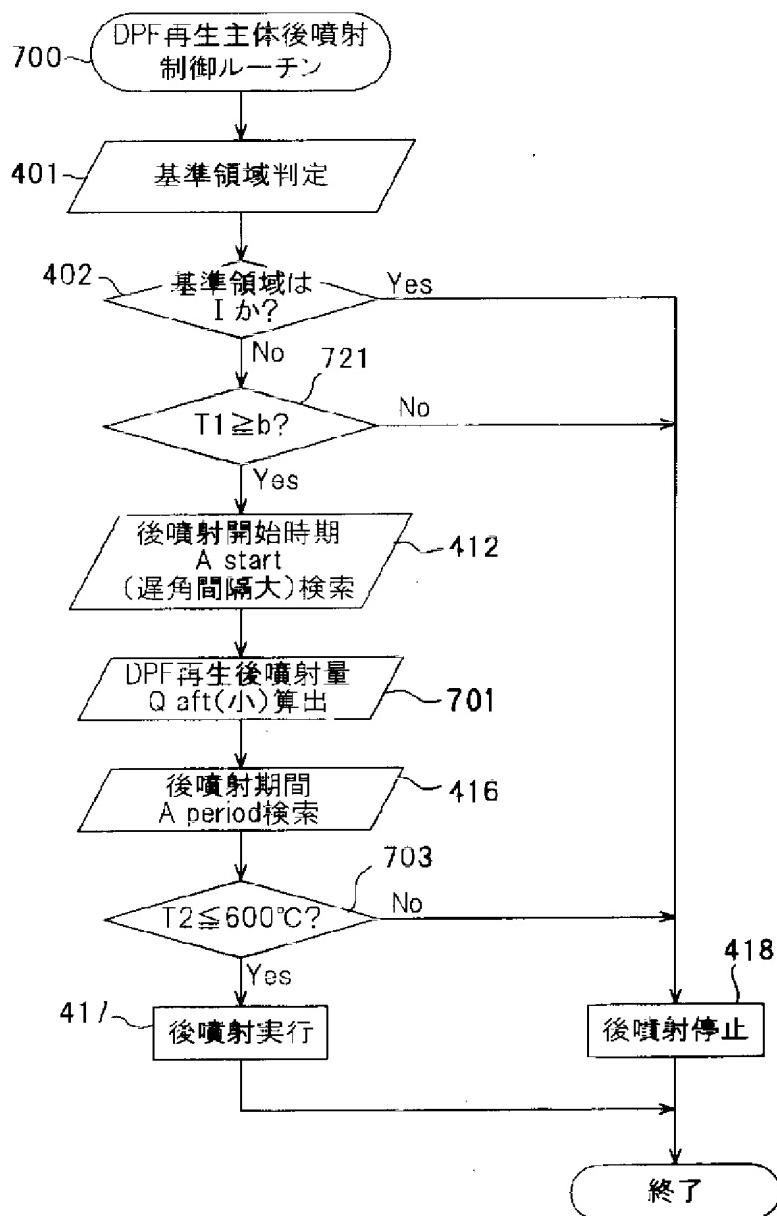
【図19】



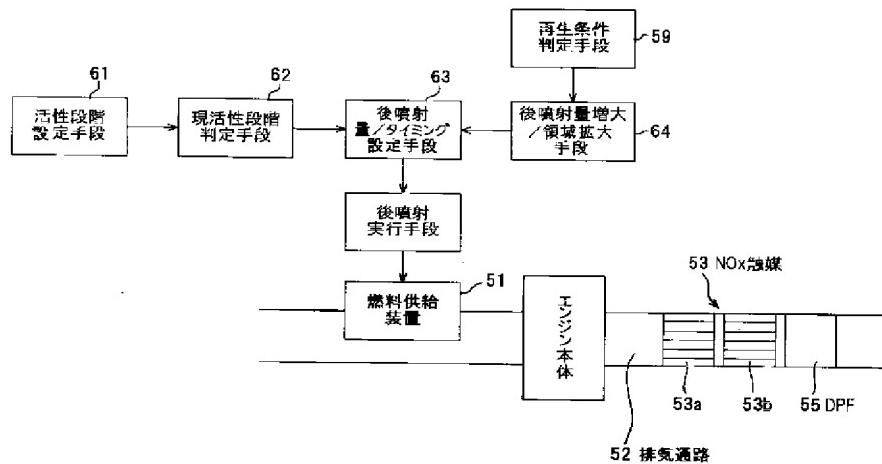
【図17】



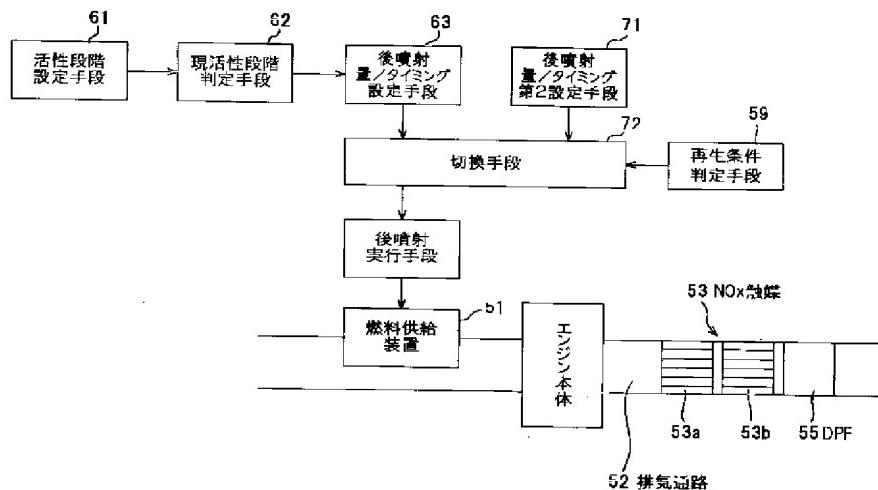
【図18】



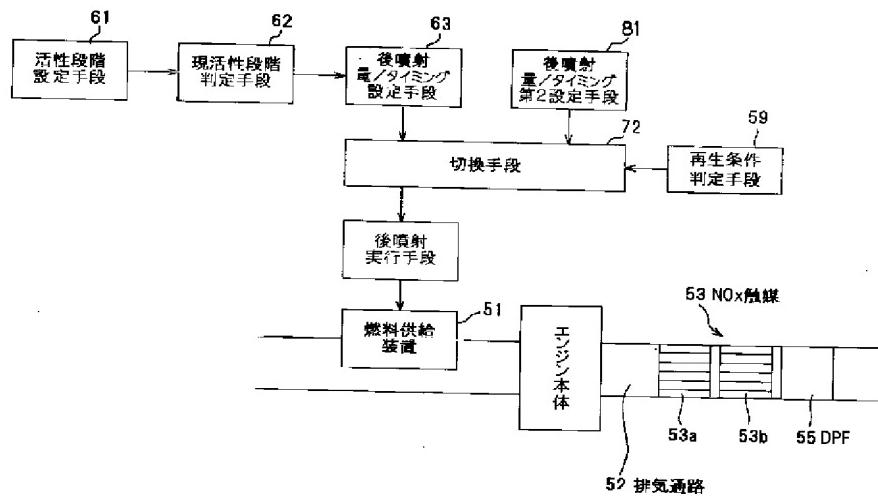
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. ⁶		識別記号	F I	
F O 1 N	3/20	Z A B	F O 1 N	3/20
	3/24			3/24
		Z A B		Z A B C
	3/28	Z A B		Z A B
		3 O 1		3 O 1 D
F O 2 D	41/38	Z A B	F O 2 D	41/38
	41/40	Z A B		41/40
	45/00	Z A B		45/00
		3 1 2		3 1 2 R